



R. BIBL. NAZ.
Vitt. Emanuele III.

*Racc.
Paladini*

B

122

NAPOLI



PRINCIPES D'ÉLECTROTHÉRAPIE

PAR
LE D^r E. CYON

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A L'UNIVERSITÉ ET A L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
DE SAINT-PÉTERSBOURG
LAURÉAT DE L'INSTITUT DE FRANCE
(Grand prix de Physiologie expérimentale, 1867)

Ouvrage récompensé par l'Académie des Sciences (Médaille d'or, 1867)

AVEC FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE.

PARIS
LIBRAIRIE J. B. BAILLIÈRE ET FILS

Rue Hautefeuille, 19

—
1873

R. BIBL. NAZ.
Vitt. Emanuele III

Racc.

Paladini

B

122

NAPOLI

PRINCIPES
D'ÉLECTROTHERAPIE

PRINCIPAUX OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

- Die Chorea und ihr Zusammenhang mit Herz- und Gelenkrankheiten (*Wiener Medicin. Jahrbücher*. 1865).
- Ueber den Einfluss der hinteren Wurzeln des Rückenmarks auf die Erregbarkeit der Vorderen (*Mémoires de l'Académie de Saxe*. 1865).
- Ueber den Einfluss der Temperaturänderungen auf das Herz etc. (*ibid.* 1866).
- Ueber die Reflexe eines sensiblen Herznervs auf die Gefässnerven (*ibid.* 1866.)
Avec C. Ludwig, traduit dans le *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie* de M. Robin. 1867).
- Ueber die Innervation des Herzens. (*Archiv. de Dubois-Reymond*, 1867. Avec M. Cyon.)
- Sur l'innervation du cœur (*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.* 1867.)
- Ces trois derniers travaux ont obtenu le grand Prix de Physiologie expérimentale pour l'année 1867.
- De l'influence de l'acide carbonique et de l'oxygène sur le cœur (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1867.)
- Die Lehre von der Tabes dorsalis. (Berlin. 1867).
- Zur Lehre von der Tabes dorsalis. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. 1867.)
- Die Nerven des Peritoneum (*Mém. de l'Académie de Saxe*. 1868).
- Ueber den Ursprung der Gefässnerven der vorderen Extremität (*ibid.* 1868).
- Ueber Irrenanstalten und Irrenpflege (*Archiv. de Virchow*. 1869).
- Ueber die Brechungscoefficienten der flüssigen Augenmedien (*Mémoires de l'Académie de Vienne*. 1869, et *Archives de Brauer-Segard et Vulpian*. 1869).
- Sur les reflexes des nerfs sensibles sur les nerfs vaso-moteurs (*Comptes rendus*. 1869).
- Ueber Harnstoffbildung in der Leber (*Centralblatt für med. Wissenschaft.* 1870)
- Hemmungen und Erregungen der Centralorgane der Gefässnerven (*Bulletin de l'Académie des Sciences de Saint-Petersbourg*. 1870).
- Ueber den Tonus der willkürlichen Muskeln. Avec Steinmann (*ibid.* 1870).
- Eine paradoxe Thätigkeitsmässigung eines sensiblen Nerven (*ibid.* 1871).
- Die Geschwindigkeit des Blutstroms in den Venen (*ibid.* 1871).
- Die Rolle der Nerven bei Erzeugung von Diabetes mellitus (*ibid.* 1871).

Rec. Coladine B. 122

PRINCIPES D'ÉLECTROTHÉRAPIE

PAR

LE D^r E. CYON

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A L'UNIVERSITÉ ET A L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
DE SAINT-PÉTERSBOURG
LAURÉAT DE L'INSTITUT DE FRANCE
(Grand prix de Physiologie expérimentale, 1867)

Ouvrage récompensé par l'Académie des Sciences (Médaille d'or, 1867)

AVEC FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE.

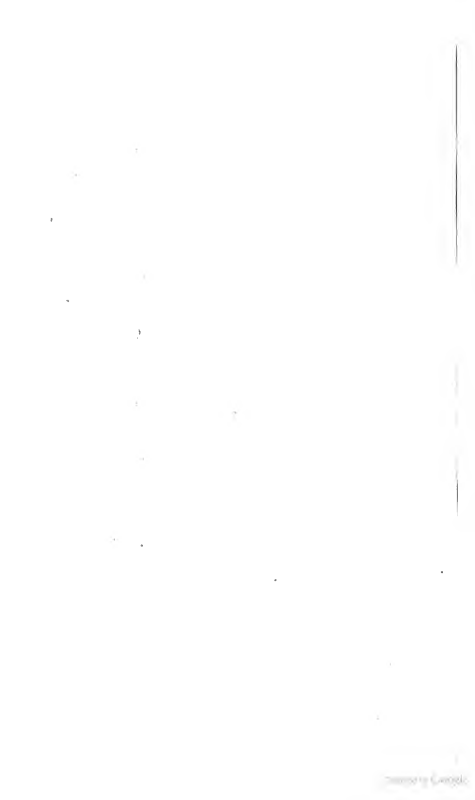


PARIS

LIBRAIRIE J. B. BAILLIÈRE ET FILS

Rue Hautefeuille, 19

1873



A MON CHER ET ILLUSTRE MAÎTRE

M. CLAUDE BERNARD

Hommage de respect et de dévouement.

E. CYON

AVANT-PROPOS

J'ai voulu poser les bases de l'Électrothérapie scientifique, et donner au physiologiste et au médecin un guide dans l'interprétation des phénomènes qu'il voit se passer sous ses yeux.

Après avoir étudié l'action des courants électriques sur le nerf et le muscle de l'homme vivant, j'ai formulé des lois qui viennent confirmer les principes déjà établis par Pflueger.

Ces lois qui fixent les effets des courants électriques sur les fonctions physiologiques des nerfs et des muscles, sont complètement indépendantes des théories de Dubois-Reymond sur les courants pré-existant dans les nerfs et dans les muscles.

Elles sont donc à l'abri des attaques dont les théories de Dubois-Reymond ont été l'objet dans ces derniers temps, et qui d'ailleurs, sans en contester

l'importance, ne tendaient qu'à combattre l'interprétation à donner à des faits incontestables.

Des circonstances indépendantes de ma volonté ont retardé jusqu'à ce jour la publication de mes *Principes d'Électrothérapie* : les expériences, qui en forment la base, datent de 1868-69.

J'ai eu peu de modifications à apporter à ma rédaction primitive, mes opinions étant demeurées ce qu'elles étaient alors.

E. CYON.

SAINT-PÉTERSBOURG, décembre 1872.

INTRODUCTION

Si dans une science une branche quelconque reçoit plus d'extension que toutes les autres, et si par la suite elle s'en sépare pour se constituer à l'état d'indépendance, il lui faut beaucoup moins de temps qu'aux autres parties de cette science, pour atteindre un haut degré de développement et de perfection.

La cause en est facile à comprendre. Toutes les méthodes perfectionnées, tous les faits acquis aux autres parties, profitent à celle-ci qui est née la dernière et à qui sont évités les faux pas, les méthodes erronées, dans lesquelles les autres s'étaient égarées.

Il n'en est point ainsi en médecine.

Là, chaque branche, quand elle commence à se développer séparément, tombe dans toutes les erreurs, traverse tous les états de développements de celles qui l'ont précédée. Ce n'est que très-rare-

ment qu'elle profitera de leur expérience pour éviter les fausses routes et les méthodes défectueuses.

Pourquoi retombons-nous toujours ainsi dans les mêmes errements, pourquoi chaque branche de la médecine rencontre-t-elle des obstacles qui l'arrêtent dans son chemin? La cause de tout cela saute aux yeux de tout le monde, chacun peut en saisir la raison.

Pour plusieurs motifs, nous n'entrerons pas ici dans des explications à cet égard.

Nous ferons seulement remarquer que la science de l'application de l'électricité à la médecine fait voir, dans son développement, cette cause d'une manière éclatante.

Dès sa naissance, elle se sépara de toutes les autres branches de la médecine, et elle vécut et se développa toujours d'une manière indépendante. Ceci parut tout à fait rationnel.

Les faits en apparence si nombreux, que les premiers électrothérapeutistes crurent avoir observés, les connaissances physiques spéciales qu'ils semblaient posséder et qui sont en effet nécessaires pour s'adonner à cette science, le genre particulier de maladies que l'on avait à traiter, tout cela, nous l'avons dit, autorisait complètement à faire de l'électrothérapie une branche spéciale de la médecine.

Si nous nous demandons maintenant ce que l'électrothérapie a gagné dans sa marche et son développement spécial, la réponse à cette question ne saurait être douteuse. Ce qu'elle a gagné, c'est la déconsi-

dération générale de tous les médecins rationnels; et nous sommes obligés d'avouer que cette déconsidération n'a été que trop méritée. Il suffit d'ouvrir quelques-uns des traités d'électrothérapeutique, même parmi ceux qui ont paru dans ces derniers temps, pour se convaincre immédiatement que si l'électrothérapie n'a pas reculé, depuis les travaux remarquables de Duchenne (de Boulogne) (1) et de Remak (2), elle n'a pas fait non plus de progrès sensible. Prenez un de ces traités d'électrothérapie, et vous n'y trouverez pas une seule page qui ne contienne les fautes les plus grossières, non-seulement contre les principes les plus élémentaires de physique et de physiologie, mais encore contre le simple bon sens. Faits mal observés ou purement inventés, théories ridicules, hypothèses extravagantes, explications impossibles, guérisons merveilleuses, tout cela se trouve entremêlé dans ces traités d'électrothérapie, mitigé d'une fausse apparence d'investigation scientifique et recouvert d'un voile mystique à travers lequel on voit percer la réclame. Les différences entre ces divers traités d'électrothérapie sont tout à fait insignifiantes; chacun prétend avoir obtenu nombre de guérisons merveilleuses avec ses appareils électriques, et il jette le mépris sur tous ses collègues qui ont osé em-

(1) Duchenne (de Boulogne), *De l'Électrisation localisée et de ses applications à la pathologie et à la thérapeutique*. 3^e édition, Paris, 1872.

(2) Remak, *Galvanothérapie ou de l'application du courant Galvanique constant au traitement des maladies nerveuses*, Paris, 1860.

ployer des appareils autres que ceux qu'il avait re-commandés. L'électrothérapeutiste, sachant par expérience la confiance que l'on peut accorder aux cures que publient ses collègues, nie carrément tous les succès que son adversaire s'attribue, etc.

Un exemple suffira pour caractériser ce procédé des électrothérapeutistes (1). On sait qu'en Allemagne Remak (2) devint, ainsi que ses méthodes d'application du courant constant, l'objet des attaques et des persécutions les plus violentes de la part des électrothérapeutistes. Ces persécutions, tant orales qu'écrites, durèrent jusqu'à sa mort. A peine eut-il cessé de vivre, que tous ses adversaires antérieurs, tous ceux qui avaient rejeté le courant constant, devinrent tout à coup ses panégyristes les plus ardents, et presque tous, sans exception, renièrent le courant induit et adoptèrent l'emploi du courant constant.

Quand un pareil esprit anime les promoteurs d'une science, il est impossible que celle-ci fasse de véritables progrès scientifiques.

Cependant, d'autres raisons ont contribué à tenir l'électrothérapie dans cet état d'imperfection, et celles-là sont dans la nature même des choses. Nous allons en considérer quelques-unes d'une manière plus approfondie.

En tête de ces raisons doit être placée cette cir-

(1) Parmi les traités d'électrothérapeutique parus dernièrement pour la première fois, il n'y a que le traité de Benedikt et celui d'Onimus et Legros qui constituent une exception.

(2) Remak, *Galvanothérapie*, trad. de l'all. par Alph. Morpain. Paris, 1860.

INTRODUCTION.

constance, que les premiers foudements sur lesquels fut assise l'application de l'électricité à la médecine, étaient entièrement empiriques, et avaient été établis en dehors de toute base scientifique. Il est vrai que, par suite de l'état d'imperfection de la physiologie générale des nerfs, et surtout de l'électrophysiologie, que par suite du chaos qui régnait dans la névropathologie, il était complètement impossible à cette époque de trouver même des points de repère pour établir cette base rationnelle, sur laquelle aurait dû être fondée l'application de l'électricité au traitement des maladies nerveuses.

Depuis, la physiologie générale et spéciale des nerfs a réalisé de grands progrès ; de grandes acquisitions ont été faites par l'électrophysiologie ; et cependant tout cela est resté sans profit pour les électrothérapeutistes postérieurs. Tous, sauf quelques exceptions, s'habituent à puiser leurs connaissances physiques et physiologiques dans les anciens traités d'électrothérapie, et se consolèrent en refusant simplement toute utilité pathologique aux nouvelles acquisitions de la physiologie dont ils n'avaient aucune idée. C'était là un faux-fuyant très-commode qui les dispensait de la peine de faire une étude sérieuse de la physiologie. C'est pour cela que l'on voit chez les électrothérapeutistes le fait remarquable d'une grande propension pour discuter toutes ces vieilles théories physiologiques, qui ont été depuis longtemps rejetées par la physiologie moderne ; tandis que celle-ci ne paraît même pas exister pour eux. Cette igno-

rance de la physiologie, et surtout de l'électrophysiologie a été une des causes déterminantes de la confusion qui règne aujourd'hui dans l'électrothérapie.

Dans le cours de cet ouvrage, nous rencontrerons souvent des faits dont l'interprétation a offert, aux électrothérapeutistes, les plus grandes difficultés, et les a conduits aux plus grandes erreurs, et cependant rien n'est plus facile pour le médecin que de donner la véritable interprétation de ces faits, pourvu qu'il ait connaissance des principes les plus connus et les plus ordinaires de la physique et de la physiologie.

De leur côté, les névropathologistes ont montré la même répugnance pour la physiologie que les électrothérapeutistes, ce qui empêcha la formation d'une pathologie rationnelle du système nerveux, et retarda par contre-coup le développement de l'électrothérapeutique.

On entend dire très-souvent aux névropathologistes, plus souvent encore à eux qu'à ceux qui s'adonnent aux autres branches de la médecine : « Que nous importe la physiologie ? jusqu'à présent elle a éclairci peu de chose, et nous ne pouvons rejeter une explication, nous ne pouvons nier un fait, uniquement parce que cette explication, ce fait, sont en contradiction avec les principes de la physiologie. »

A cela il n'y a qu'une seule réponse à faire : Les névropathologistes ont-ils cherché à utiliser toutes les acquisitions qu'a faites pour eux jusqu'à présent la physiologie ? Que connaissent-ils de la physio-

logie ? Une partie très-minime ; et celle-là même la comprennent-ils bien ?

Cette réponse montre, à mon avis, en quoi consiste toute la dissension apparente entre la physiologie et la pathologie.

Pourquoi, au point de vue scientifique, l'ophthalmologie a-t-elle pris la première place parmi toutes les sciences purement médicales ? C'est parce que des physiciens et des physiologistes, tels que Helmholtz, Donders, A. von Gräfe, Giraud-Teulon et autres, se sont appuyés sur les principes de la physiologie optique pour entreprendre une transformation complète de l'ophthalmologie.

Pourquoi, dans les maladies de la poitrine et de l'abdomen, le diagnostic physique et chimique a-t-il atteint un degré relativement si élevé de précision et de rigueur scientifique ? C'est, principalement, parce qu'on a su acquérir des connaissances exactes sur les conditions physiques et physiologiques de ces organes.

Il est certain que l'on pourra faire subir une transformation semblable à la névropathologie et par conséquent aussi à la science de l'application de l'électricité à la médecine ; il est certain que l'on arrivera à donner à cette branche de la médecine une base rigoureusement scientifique qui ne s'appuie plus que sur la physique et la physiologie. Je suis convaincu pour ma part que, sauf l'ophthalmologie, aucune partie de la pathologie ne se prête aussi bien que la pathologie du système nerveux,

à une application et à une mise à profit immédiates de toute acquisition faite par la physiologie. La question est de savoir si, dans l'état actuel de la névropathologie, il est déjà possible d'appuyer sur des données scientifiques l'application de l'électricité à la guérison des maladies nerveuses ; la réponse peut être affirmative ou négative, suivant les limites que l'on veut assigner à cette base scientifique.

Dès aujourd'hui cette réponse serait certainement négative, si l'on exigeait des indications scientifiques et rationnelles pour le traitement de chaque cas particulier de maladie nerveuse, si l'on nous demandait de dire exactement pourquoi le traitement électrique est tantôt utile, tantôt complètement inefficace.

Mais si l'on nous demande, s'il est possible à l'heure qu'il est d'élaborer les principes généraux sur lesquels il doit appuyer une application rationnelle de l'électricité à la guérison des maladies, alors nous répondrons d'une manière affirmative. Maintenant on est déjà en état de rechercher quels effets le courant électrique est capable d'exercer quand on l'applique chez l'homme sur les nerfs et les muscles, de dire les modifications que ces effets éprouvent par l'emploi des différentes sources d'électricité, par le changement de l'intensité, de la durée, de la direction du courant, d'indiquer enfin les parties du système nerveux et musculaire qui sont accessibles à ces agents électriques et celles qui ne le sont pas.

Il est inutile d'insister longuement sur les preuves qui démontrent la nécessité d'établir d'abord ces principes généraux, avant d'entreprendre une application rationnelle de l'électricité pour la guérison des maladies nerveuses et musculaires.

C'est justement le manque de ces bases scientifiques générales qui fut la cause fondamentale de l'état déplorable dans lequel se trouve aujourd'hui l'électrothérapie; celle-ci ne présente en effet qu'un chaos de faits en grande part faux, d'hypothèses extravagantes, de théories souvent vides de sens. Avant d'entreprendre l'explication des effets curatifs du courant dans certaines maladies, il faut d'abord décider, d'une manière certaine, quels effets l'électricité est capable d'opérer, quand on l'applique au corps de l'homme à l'état *normal*. Cette question, les électrothérapeutes l'ont presque complètement négligée; aussi, depuis qu'ils emploient l'électricité dans le traitement des maladies, n'ont-ils pas fait un seul progrès d'une importance capitale.

Quelle est la marche à suivre pour obtenir ces bases scientifiques sur lesquelles doit reposer l'application de l'électricité à la médecine? La seule marche possible c'est l'investigation expérimentale, telle qu'elle se pratique aujourd'hui en physique et en physiologie, c'est-à-dire en suivant une méthode rigoureusement scientifique. Si l'on imprime une mauvaise direction aux expériences, on ne fait que nuire à l'électrothérapie, parce que l'on introduit ainsi de nouvelles erreurs qui sont d'autant plus

dangereuses qu'elles sont revêtues d'une apparence scientifique. Malheureusement il n'est arrivé que trop souvent dans ces derniers temps que des expériences mal faites aient trouvé crédit et aient eu cours dans l'électrothérapeutique. Quelques jeunes électrothérapeutistes se sont figurés qu'il suffisait, pour devenir expérimentateurs, de répandre le sang d'animaux innocents et de tuer des chiens et des lapins; ils ont ainsi publié une quantité innombrable d'expériences et se sont figurés qu'ils avançaient beaucoup l'électrothérapie.

Ces expériences qui ne tendent nullement à introduire les méthodes physiologiques en électrothérapie, mais qui sont faites au contraire de manière à introduire les méthodes électrothérapeutiques en physiologie, ces expériences, dis-je, sont peu faites pour donner à l'électrothérapeutique des bases véritablement scientifiques. Au lieu de rabaisser la physiologie au niveau de l'électrothérapie, comme s'efforcent de le faire certains électrothérapeutistes qui se lancent dans de pareilles expériences, il faut au contraire chercher autant que possible à élever l'électrothérapie à la hauteur de la physiologie.

Ainsi donc les expériences entreprises par les électrothérapeutistes pour asseoir sur une base scientifique la science de l'application médicale de l'électricité, ces expériences ont complètement fait fausse route.

L'électrothérapeutiste qui cherche à trouver pour

l'électrothérapie une base véritablement scientifique, doit d'abord s'adonner entièrement et pendant plusieurs années à la physique et à la physiologie pour faire de ces sciences une étude à la fois approfondie et très-étendue ; il ne doit pas se contenter de les étudier dans les livres, mais il doit principalement travailler ces sciences dans les laboratoires de physique et de physiologie. Qu'on ne se figure pas qu'il soit possible de connaître et de comprendre ces sciences, même superficiellement, sans en avoir fait l'objet d'études pratiques !

Ainsi que nous l'avons vu par les travaux que les électrothérapeutes ont exécutés jusqu'à présent, aucun d'eux n'a jamais pu se résigner à faire un effort sérieux pour se rapprocher de la physiologie.

Il ne restait donc que deux choses à faire : il fallait renoncer à une application rationnelle de l'électricité, ou il fallait qu'un physiologiste, imitant l'exemple de Mahomet, quand les montagnes refusèrent de marcher vers lui, entreprit lui-même de jeter les bases scientifiques de l'électrothérapie.

Ce travail était hérissé de difficultés ; non-seulement il exigeait des connaissances physiques et physiologiques, mais il fallait encore que le physiologiste eût fait lui-même un grand nombre d'observations sur les traitements par les courants électriques ; cette condition était nécessaire, parce qu'il devait se convaincre par lui-même jusqu'où pouvait aller l'utilité de ces traitements, et principalement,

parce qu'il devait s'assurer de la valeur que pouvaient avoir les indications des électrothérapeutistes. C'était là un travail auquel un physiologiste devait s'assujettir difficilement, d'autant plus que la plupart des physiologistes n'attachent qu'une importance très-secondaire aux discussions électrothérapeutiques.

Deux physiologistes, Rosenthal et Fick, établirent accidentellement quelques principes généraux sur le mode de propagation des courants électriques dans le corps de l'homme; mais ils n'entrèrent dans aucun détail pour la raison que nous venons de donner.

Je dois dire maintenant quelques mots sur les motifs qui m'ont déterminé à entreprendre un travail aussi ardu et aussi ingrat que celui de chercher à établir les bases physiques et physiologiques de la science de l'application médicale de l'électricité.

Avant de me vouer à la physiologie, je m'étais occupé pendant plusieurs années de névropathologie et d'électrothérapie. J'eus ainsi l'occasion de faire personnellement la connaissance des premiers électrothérapeutistes, et d'observer pendant ce temps avec eux un grand nombre des malades qu'ils traitaient (c'est ainsi, par exemple que, pendant un an et demi, 1863 et 1864, j'assistai presque journellement pendant plusieurs heures à la clinique de Remak, et là j'eus souvent à soigner moi-même les malades). Je vis les électrothérapeutistes suivre des chemins

complètement faux; je sentis souvent moi-même, en traitant les malades, tous les inconvénients de ce manque absolu d'une base fondamentale; tout cela fit, déjà à cette époque, naître en moi le désir de la recherche de cette base rationnelle l'objet de mes études. Mais plusieurs circonstances m'empêchèrent à cette époque de suivre mon désir, et ce n'est que maintenant que j'ai pu me vouer à la solution de cette question.

En commençant mes recherches, je me rendais parfaitement compte des difficultés que j'aurais à vaincre, et je savais aussi que je risquais de n'être payé que d'ingratitude.

Il ressort en effet de la nature des choses, qu'un pareil travail doit avoir en grande partie un caractère purement (6, IV) critique. Je devais m'efforcer de découvrir une à une toutes les erreurs accumulées dans l'électrothérapie, je devais rejeter un grand nombre de faits comme étant insuffisamment ou mal observés; il fallait faire ressortir l'absurdité des théories, il fallait s'efforcer enfin de donner leur véritable interprétation à tous les phénomènes observés.

C'était là une tâche qui, par suite de la confusion régnant dans l'électrothérapie, devait nécessairement m'amener à des collisions avec un grand nombre d'électrothérapeutes; ils devaient naturellement voir avec déplaisir que l'on osât mettre à nu leurs erreurs.

Mais d'un autre côté je risquais aussi d'être re-

gardé d'un mauvais œil par un grand nombre de physiologistes, mes collègues, qui ne savaient estimer à leur juste valeur l'utilité pratique d'un pareil travail ; car ce n'était plus proprement un travail physiologique.

Si, malgré tout cela, je me suis cependant appliqué à la solution de cette question, c'est principalement parce que, en observant un grand nombre de malades que je traitais ou que je voyais traiter par l'électricité, j'avais acquis la conviction profonde que la thérapeutique possède dans l'électricité un remède contre les maladies nerveuses, remède qui dépasse de beaucoup, en efficacité, tous ceux que l'on connaît jusqu'à présent ; je sentais qu'à ce remède était réservé un grand avenir et qu'il deviendrait de la plus haute utilité, aussitôt que l'on connaîtrait exactement ses effets et qu'on saurait bien les utiliser.

Mais, en entreprenant cette tâche, j'ai pris quelques précautions qui me protégeront, je l'espère, contre la colère des électrothérapeutistes et contre les reproches des physiologistes.

Ainsi j'ai évité autant que possible de citer les noms, quand j'avais à démontrer des erreurs ou des fautes commises par les électrothérapeutes ; je me contenterai presque toujours de parler des électrothérapeutistes en général, sans les nommer, et j'espère qu'ils préféreront ne pas réclamer et laisser l'anonyme à leurs erreurs.

Du reste j'ai déjà constaté que les pathologistes sup-

portent parfaitement une critique même vive, pourvu qu'elle soit juste ; je l'ai fait à l'occasion de deux ouvrages de pathologie que j'ai publiés antérieurement, sur la chorée (1) et l'ataxie locomotrice (2) ; j'y critiquai sans aucun ménagement et je m'élevais énergiquement contre la confusion et les erreurs que plusieurs médecins avaient introduites dans la pathologie de ces maladies. J'eus même la satisfaction de voir adopter généralement, au moins en Allemagne, la plupart des principes que j'avais établis pour ces maladies.

Pour me préserver des reproches des physiologistes, j'ai procédé dans ces recherches avec les mêmes précautions scientifiques que dans une question purement physiologique ; et j'espère que dans tout cet ouvrage il ne se trouvera pas une seule assertion, pas une seule déclaration dont je ne puisse répondre parfaitement et vis-à-vis du physicien, et vis-à-vis du physiologiste.

Je vais maintenant faire brièvement le résumé des principaux chapitres ; je crois que ce sera le meilleur moyen de bien faire comprendre à quel point de vue je me suis placé pour les questions de détail, et comment je les ai résolues.

Le premier chapitre se compose d'une *introduction de physique électrique*, et d'un *examen critique de la plupart des appareils qui ont été proposés pour l'usage médical*. Convaincu qu'une connaissance

(1) Cyon, *Die Chorea*, etc. (*Wiener med. Jahrbücher*, 1865).

(2) Cyon, *Die Lehre von der Tabes dorsalis*, Berlin, 1867.

approfondie de l'électricité est pour tout électrothérapeutiste nécessaire et indispensable, j'ai exposé dans ce chapitre, d'une manière facilement compréhensible, les principes d'électricité que l'on a le plus souvent à considérer dans l'électrophysiologie et l'électrothérapie. En donnant ces principes, j'ai cité en même temps des exemples pris dans ces deux sciences, ce que j'ai fait non-seulement pour mieux faire comprendre ces principes, mais encore pour faire sentir leur importance pratique.

Puis de ces lois physiques, et de quelques autres lois physiologiques qui se trouvent dans le chapitre suivant, j'ai déduit plusieurs propositions sur les conditions que doivent remplir les appareils électriques qui sont destinés à être employés en médecine. C'est en m'appuyant sur ces propositions que j'ai passé en revue plusieurs des appareils en vogue et que j'ai choisi ceux qui répondaient le mieux aux conditions énoncées.

Dans cet examen critique des appareils, j'ai été obligé d'exécuter quelques expériences (ainsi j'ai dû mesurer par exemple la constance des piles employées en médecine); ces mensurations et ces expériences, je les ai exécutées dans le laboratoire de physique de l'université de Vienne, qui se trouve sous la direction du professeur Stephan.

Le second chapitre contient l'*exposition complète de la science de l'électrophysiologie*. Comme une électrothérapie rationnelle doit s'appuyer principalement sur l'électrophysiologie, il est évident que la

connaissance des lois électrophysiologiques est de la plus haute importance pour tous les électrothérapeutistes. Mais il est très-difficile de s'approprier ces connaissances électrophysiologiques, parce que les traités sur cette science nous manquent complètement. Par suite de l'immense extension que l'électrophysiologie a reçue dans ces derniers temps, l'étude d'après les travaux originaux est devenue une tâche difficile. J'ai donc cru nécessaire d'exposer ici avec suite et enchaînement toute la science de l'électrophysiologie ; cette exposition était d'autant plus difficile qu'il fallait la faire complète, mais en même temps courte et concise. J'ai traité séparément les deux questions suivantes : 1^o celle du *courant nerveux et musculaire à l'état de repos*, 2^o celle de l'*irritation des nerfs et des muscles* ; c'était d'autant plus nécessaire que la science de l'irritation est beaucoup plus importante pour notre but et doit pour cela être traitée beaucoup plus ample-ment. Je n'ai communiqué ici que les lois et les faits qui ont été reconnus et confirmés par tout le monde, je les ai vu démontrer moi-même, de la manière la plus évidente, non-seulement par du Bois-Reymond, mais encore par d'autres physiologistes. Ayant moi-même fait plusieurs fois des cours d'électrophysiologie pour les élèves de la faculté des sciences à l'université de Saint-Petersbourg, j'eus plus d'une fois l'occasion de répéter toutes ces expériences électrophysiologiques et de vérifier l'exactitude de toutes les lois qui en avaient été déduites.



Il est très-difficile de se rappeler et de comprendre un aussi grand nombre de faits, si l'on ne possède pas une théorie qui les embrasse et les explique tous. J'ai donc cru nécessaire de donner un abrégé très-succinct de la théorie moléculaire de du Bois-Reymond; telle qu'elle est aujourd'hui, après la correction faite par Helmholtz, c'est la seule théorie qui explique, sans forcer les choses, toutes les lois actuellement connues.

Naturellement cette théorie n'exclut nullement l'origine chimique des forces électromotrices; car du Bois-Reymond lui-même ne conçoit pas les molécules électromotrices des nerfs dans le sens d'Ampère, mais il les considère comme de petites parcelles limitées anatomiquement, et qui par conséquent sont soumises à tous les phénomènes, à toutes les réactions chimiques.

Du reste, cette théorie n'est pas d'une grande importance pour le but que nous nous proposons.

La partie essentielle de l'électrophysiologie, celle qui a le plus d'importance pour nous, c'est la doctrine de l'*électrotonus*, c'est-à-dire la science de la modification que le nerf éprouve sous l'influence d'un courant constant qui le traverse; la science de l'électrotonus peut, à la vérité, s'expliquer aussi par la théorie moléculaire, mais elle est complètement indépendante non-seulement de cette théorie de du Bois-Reymond, mais encore de l'exactitude des faits sur lesquels cette théorie est basée.

Il était intéressant pour l'application des courants induits à la médecine, de voir l'influence que l'augmentation du nombre de coups exercerait sur la force de l'irritation, quand ce nombre dépassait celui qui est nécessaire pour la production du tétanos. Pour résoudre cette question, j'ai exécuté des expériences que je communique à la fin du second chapitre.

Il est évident que le médecin qui veut employer l'électricité pour la guérison des maladies, doit répéter lui-même les principales expériences électrophysiologiques, sans quoi il ne sera jamais en état de se faire une idée exacte de la signification de l'électrophysiologie, et des difficultés énormes que l'on rencontre dans l'exécution de pareilles expériences.

Le troisième chapitre contient la *science de l'électrotonus étudié sur l'homme*. Tout ce chapitre est presque exclusivement consacré à celles de mes expériences qui se rapportent aux lois de l'irritation des nerfs sur l'homme vivant. J'ai démontré clairement au commencement de ce chapitre l'importance que possèdent ces lois non-seulement pour l'électrothérapie, mais encore pour la névropathologie. Comment pourrait-on songer aussi à un emploi rationnel de l'électricité pour la guérison des maladies nerveuses si on ne connaissait pas d'abord les effets de l'électricité sur le nerf à l'état normal?

On pouvait, à la vérité, prévoir avec assez de pro-

tabilité que les lois de l'irritation nerveuse trouvées par du Bois-Reymond et Pflueger sur le nerf de la grenouille, seraient valables également pour les nerfs de l'homme. Mais il était d'autant plus nécessaire d'en donner une preuve directe que l'on ne pouvait pas comparer purement et simplement le nerf en communication avec le reste de l'organisme, à celui qui est séparé du corps et qui est plus ou moins exposé aux influences de l'air. De plus, quelques électrothérapeutes qui du reste n'avaient pas très-bien compris les lois de Pflueger sur l'irritation des nerfs, niaient la validité de ces lois pour les nerfs de l'homme. J'ai donc cru nécessaire d'étudier directement par voie expérimentale les effets des courants électriques sur le corps de l'homme.

Les expériences, pour avoir véritablement de l'importance, devaient être exécutées avec la même exactitude, la même précision que celles faites sur le nerf séparé du corps. Mais les difficultés inhérentes étaient encore plus grandes ici, et dans le troisième chapitre j'ai décrit exactement toutes les précautions méthodiques que j'ai eu soin de prendre dans mes expériences. Grâce à cette rigueur méthodique, j'ai réussi à confirmer sur le nerf de l'homme les principes essentiels qui résument l'influence exercée sur le nerf par le courant constant. C'est ainsi que le médecin est mis pour la première fois dans la possibilité non-seulement de choisir exactement la direction et l'intensité de courants convenables, dans l'application de l'électricité au

nerf, mais encore de distinguer avec précision les effets que ce courant exerce sur le nerf.

Mais les irrégularités que j'ai constatées sur le corps de l'homme, surtout quand le nerf était malade, montrent aussi que la réaction du nerf qui se produit sous l'influence du courant électrique et qui est intimement liée à la composition de ce nerf, que cette réaction peut être modifiée de la manière la plus diverse par certaines influences malades. Dans cette réaction variable du nerf à l'égard du courant, dans ces déviations aux lois de Pflueger sur l'irritation, je crois avoir trouvé un symptôme important de diagnostic, qui serait en même temps d'une grande conséquence pour l'indication du traitement électrique. C'est pour cela que j'ai longuement insisté dans le chapitre en question sur ces résultats de mes expériences. Quand une fois la névropathologie accordera une plus grande attention à ces modifications morbides si délicates, alors nous ne tarderons plus à posséder un traitement rationnel qui sera principalement l'utilisation et la mise en pratique des résultats que nous avons indiqués dans ce chapitre.

Pour l'électrothérapie il était aussi très-important de connaître les rapports qui existent entre l'intensité de l'excitation et celle de l'irritation dans les nerfs et les muscles. Fick a étudié ces rapports sur le nerf de la grenouille, il constata que la commotion musculaire et l'irritation dépendent de l'intensité de l'excitation; et il trouva pour cette subordination une loi simple dont nous avons parlé

dans le second chapitre. Il s'agissait donc d'examiner si cette loi était valable aussi pour le corps de l'homme. Les expériences que j'ai exécutées dans cette intention ont pleinement confirmé cette loi ; je les communique dans le troisième chapitre.

Le quatrième chapitre se rapporte *aux effets des courants électriques sur les corps animaux et aux méthodes d'électrisation des différents organes*. Jusqu'à présent l'électrothérapie ne possédait que des données très-insuffisantes sur le mode de diffusion des courants électriques dans le corps de l'homme, sur les différences physiques qui existent entre les différentes manières d'appliquer l'électricité, sur les organes que l'on peut atteindre avec les courants, sur les effets que l'on peut espérer obtenir chez l'homme, et sur ceux qu'il est inutile de rechercher ; enfin on ne savait pas du tout comment il était possible de réaliser la localisation des courants.

Le quatrième chapitre doit combler cette lacune. Nous indiquons donc les résistances des tissus de l'homme comparés entre eux ; puis nous nous appuyons sur les lois physiques relatives à la diffusion des courants électriques dans des conducteurs de résistances différentes, et nous nous en servons pour montrer les directions suivant lesquelles les courants électriques se ramifient dans le corps de l'homme. Nous appelons surtout l'attention sur cette circonstance que, dans l'électrisation de l'homme, c'est toujours à des fermetures secondaires de circuit que l'on a affaire ; de plus nous faisons voir que les effets

de ces fermetures secondaires sont très-différents sous beaucoup de rapports de ceux que l'on voit se produire avec les fermetures principales; car ils font souvent atteindre à l'électricité la densité nécessaire pour produire dans les organes des effets physiologiques tout autres que ceux que l'on cherche à atteindre par le courant.

Nous expliquons ensuite les conditions physiques qui permettent de réaliser une localisation partielle du courant électrique dans différentes parties du corps, et nous indiquons les limites de cette localisation qui *n'est proprement, à parler, qu'une localisation des effets physiologiques du courant, mais non une localisation du courant lui-même*. Nous discutons ensuite les différentes méthodes d'application (grandeur des électrodes, forme, importance de leur humectation, etc.); puis nous donnons l'explication de ces méthodes ainsi que les bases sur lesquelles elles reposent. En un mot, la première partie de ce chapitre contient l'interprétation physique et physiologique des premières et plus importantes manœuvres que les électrothérapeutes ont à exécuter. L'électrothérapie serait déjà aujourd'hui beaucoup plus avancée qu'elle ne l'est, si dès le commencement les électrothérapeutes s'étaient rendu compte de ce qu'ils produisent en réalité en employant leurs différentes méthodes.

La seconde partie de ce chapitre est consacrée aux *méthodes d'électrisation des différents organes*. Là sont exposés les principes fondamentaux qu'il faut observer pour atteindre les différents organes

par le courant électrique ; nous y indiquons aussi les effets que l'on peut obtenir par cette électrisation, et les organes que l'on atteint, en dehors de ceux sur lesquels on cherche à agir. Nous y discutons en outre la valeur de l'électrisation des différents organes et le profit que l'on peut en tirer pour les malades ; nous y réfutons toutes ces erreurs si nombreuses que les électrothérapeutes ont introduites dans cette section de leur science qui est la plus embrouillée de toutes, et qui contredit de la manière la plus flagrante les lois physiques et physiologiques.

Enfin le cinquième chapitre parle de *l'importance du courant électrique comme moyen évident de poser le diagnostic*. Nous y critiquons certaines erreurs des électrothérapeutes qui se sont surtout produites, parce qu'on examinait dans le nerf, le muscle, etc., des fonctions qui n'existent même pas. Nous indiquons dans le même chapitre quels organes on peut éprouver par le courant, et quelles fonctions dans ces organes sont sujet à examen : nous disons comment l'expérimentation doit être faite, et comment on doit interpréter les résultats obtenus. De plus nous discutons dans ce chapitre les réactions pathologiques qui sont en contradiction avec les réactions normales des nerfs et des muscles, celles au moins que l'on a observées jusqu'à présent, comme par exemple les suivantes : contraction des muscles conservée pour l'impulsion volontaire et disparue pour les excitants électriques, ou contractilité disparue et irritabilité conservée, etc. Je refute toutes les hypothèses,

généralement dépourvues de sens, quel'on a proposées pour expliquer ces irrégularités dont je donne ensuite l'interprétation physiologique véritable. J'indique aussi les moyens qui, joints à d'autres méthodes d'investigation, permettent dans certains cas pathologiques incertains, d'interpréter les réactions obtenues à l'aide des parties malades avec une exactitude suffisante pour que l'on puisse arriver à connaître le siège ou la nature de la maladie.

Le sixième chapitre traite *des différences entre les effets des courants constants et ceux des courants induits*. Cette question a, comme on sait, conduit les électrothérapeutistes aux discussions les plus violentes, aux théories les plus extravagantes et aux déclarations les plus aventurées. C'est à peine si l'on pourrait trouver aujourd'hui deux ou trois électrothérapeutistes qui ne soient sous l'empire de cette idée ridicule que l'une ou l'autre de ces deux espèces de courants possède en propre des effets spécifiques tout à fait mystérieux. Dans aucune question les électrothérapeutistes n'ont, autant que dans celle-ci, donné cours leur tendance, je dirai presque superstitieuse, pour tout ce qui est mystique et surtout pour tout ce qui est contraire aux principes les mieux établis de la physique et de la physiologie; dans aucune question aussi cette tendance ne leur a-t-elle fait plus de tort que dans celle-ci, dans aucune n'a-t-elle contribué autant à discréditer l'électrothérapie. Il était donc tout naturel d'accorder une attention spéciale à cette question et de s'appliquer plus particulièrement à

dissiper la confusion qui y régnait. Il fallait d'abord vérifier les indications des électrothérapeutistes sur les différences qui se montrent dans certaines maladies entre les réactions des nerfs et des muscles sous l'influence des courants induits et des courants constants, et il fallait trouver la véritable interprétation de ces différences. Au commencement du sixième chapitre nous discutons ces différences, et nous démontrons expérimentalement qu'elles sont produites par les différences physiques qui existent entre ces deux espèces de courants, et qui sont bien connues. Par des expériences que j'ai faites sur des animaux, je montre que la même différence entre les réactions se montre toujours à un certain état de dépérissement du nerf, et qu'ici encore cette différence est produite par la même différence physique entre les deux espèces de courants; *celle-ci ne consiste que dans la durée momentanée des coups d'induction; les coups de fermeture et de rupture des courants constants deviennent tout aussi inefficaces dans ces cas, si on ne leur donne qu'une durée momentanée.*

Nous discutons ensuite les différences physiques qui existent entre les coups induits et coups du courant constant, quand on considère ces coups séparément, et nous indiquons les différences entre les effets physiologiques qui découlent des différences précédentes. Enfin nous établissons les différences qui existent entre un courant induit et un courant constant passant d'une manière continue, et nous discutons aussi les différences entre leurs effets.

A la fin nous déduisons de ces discussions les indications pathologiques qui doivent, dans des cas donnés, décider du choix de l'une ou de l'autre espèce de courant ; évidemment ces indications ne reposent que sur les différences physiologiques entre les effets des courants, que nous avons établies antérieurement.

Dans le même chapitre nous montrons également que toutes les observations des électrothérapeutistes qui paraissent véridiques s'expliquent aussi parfaitement par ces indications.

En un mot, nous déchirons le voile mystérieux qui a caché jusqu'à présent aux électrothérapeutistes les véritables causes déterminant les différences entre les effets des deux espèces de courants. La croyance à la vertu exclusive de l'un des deux courants avait en effet force de loi chez les électrothérapeutes ; et aussitôt que l'un d'eux avait produit chez un malade un effet quelconque, l'électrothérapeutiste en tirait immédiatement cette conclusion : que l'autre espèce de courant était nuisible, et que celle qu'il employait possédait des vertus spécifiques.

Comme on le voit d'après le résumé que je viens de faire, je m'étais proposé pour but d'établir les bases scientifiques, tant physiologiques que physiques, pour l'application de l'électricité à la médecine. Je ne songeais donc nullement à publier des assertions sur des succès obtenus, encore moins à communiquer des observations. Il ne s'agissait que

de fournir des indications et non point de vanter des résultats heureux, mais inexpliqués.

Beaucoup d'électrothérapeutistes se contentent, comme on le sait, de faire d'abord une introduction quasi-physiologique, puis de donner une pathologie détaillée des maladies nerveuses. Pour ne pas laisser voir qu'ils sont complètement incapables de donner des indications précises sur le mode qu'ils ont employé pour arriver à ces succès dans leur traitement, ils entrent dans les plus petits détails sur les observations, ainsi que sur les théories des maladies, et ce n'est qu'à la fin qu'ils font remarquer en quelques mots que le malade a été guéri par le traitement électrique.

J'ai eu occasion d'observer également la plupart de ces malades qui ont été *guéris* ; je ne sais donc que trop le degré de confiance que l'on peut ajouter à toutes ces observations, et je ne me laisserai point aller à en communiquer.

Je puis d'autant mieux m'en dispenser, qu'il n'était nullement dans mon intention d'écrire un traité d'électrothérapeutique.

Paris, avril 1869.

CHAPITRE I

DESCRIPTION DES APPAREILS.

§ I. — Préliminaires physiques.

Le choix des appareils qui doivent servir à un but médical a, en lui-même, bien moins d'importance que ne lui en attachent généralement les électrothérapeutistes. A leurs yeux c'est un devoir de vanter comme particulièrement efficaces certains appareils, et de condamner tous les autres médecins qui se permettent d'employer en thérapeutique des appareils électriques d'une construction différente. Les médecins ont-ils eu le malheur de déclarer qu'ils n'ont pu constater les résultats tant vantés ; aussitôt l'électrothérapeutiste s'empresse de mettre cet insuccès sur le compte de la différence des appareils employés de part et d'autre. Il est du reste tout naturel que la plupart des électrothérapeutistes attachent tant d'importance à leurs appareils ; car la plupart d'entre eux n'ont que des notions très-obscures sur l'électricité, et par suite ils ignorent complètement pourquoi certains appareils sont pré-

férables. M. Becquerel père (1) dit avec raison que la plupart des électrothérapeutistes semblent ne s'être pas rendu bien compte de la construction de leurs appareils. Ils croient trouver la cause des succès thérapeutiques qu'ils obtiennent dans certaines vertus mystérieuses de leurs appareils, et ils attribuent l'insuccès des autres médecins aux appareils que ceux-ci emploient.

Nous n'avons nullement l'intention de présenter ici la description de tous les appareils qui ont été proposés pour l'usage médical. Nous nous contenterons d'exposer les principes les plus importants d'après lesquels ces appareils doivent être construits, et nous abandonnerons ensuite à chaque médecin le choix de ceux qui lui paraissent réunir le plus d'avantages; seulement il doit, en les choisissant, s'assurer qu'ils remplissent les conditions fondamentales que nous allons indiquer.

Certains auteurs de traités d'électrothérapie ont pour habitude de recommander surtout les appareils dont le montage et le maniement exigent le moins de connaissances de la part du médecin. Nous ne partageons point cette manière de voir.

Le médecin qui n'est pas capable de comprendre la construction d'un appareil, quelque compliqué qu'il soit, et de manier cet appareil, celui-là ferait mieux de renoncer à employer l'électricité en thérapeutique, car il ne fera que discréditer cet emploi.

(1) Becquerel, *Rapport sur le prix d'électricité* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*).

On n'avance en rien l'électrothérapie en l'abaissant au niveau d'un médecin sans instruction ; il serait bien plus désirable d'élever le médecin à la hauteur de la science.

Avant de passer aux conditions fondamentales que doit remplir la construction des appareils médico-électriques, nous allons rappeler ici plusieurs principes de physique que l'électrothérapeute doit parfaitement comprendre, parce qu'ils sont pour lui de la plus haute importance.

Nous passons sous silence la théorie de l'électricité de frottement ; car, ainsi que nous le verrons plus loin, elle ne trouve aucune application en médecine.

Nous parlerons donc de suite des courants électriques et de leurs effets.

§ II. — Courants constants.

Pour expliquer le phénomène des courants électriques, les physiciens admettent l'existence de deux fluides hétérogènes, l'un d'*électricité positive*, l'autre d'*électricité négative*. Dans tout courant ces deux fluides se meuvent en masse égale, avec la même vitesse, mais en sens opposé. Ainsi lorsqu'on fait communiquer par un conducteur un corps chargé d'électricité positive avec un autre chargé négativement, les fluides électriques se mettent en mouvement, le fluide positif marche vers le négatif, et inversement. Il en résulte deux courants dans le cir-

cuit, mais on n'en considère jamais qu'un seul, celui du fluide positif.

Dans l'élément constant, ce sont des métaux plongés dans un liquide qui constituent la source d'électricité; en effet, deux conducteurs mis en contact avec ces corps s'électrisent, l'un positivement, l'autre négativement. Le contact de corps solides avec des liquides opère aussi une décomposition de l'électricité; certains métaux plongés dans l'eau deviennent électro-négatifs, tandis que l'eau elle-même devient électro-positive. Cette action est plus ou moins énergique, suivant les différents métaux et les différents fluides employés. L'intensité de la force motrice avec laquelle les fluides tendent à se mouvoir, s'appelle la *tension de l'électricité*. On peut comparer cette tension à la pression avec laquelle les liquides se meuvent dans des tuyaux. La tension électrique qui s'établit sur deux corps plongés dans un liquide s'appelle la *force électromotrice* de ce système. Pour qu'un courant de fluide électrique puisse s'établir dans un conducteur, il est clair qu'il doit exister des tensions inégales dans les différentes parties de ce conducteur. Mais comme les conducteurs opposent une certaine résistance au mouvement du fluide électrique, une certaine tension est nécessaire pour vaincre cette résistance, afin que le courant puisse s'établir.

§ III. — Loi d'Ohm.

En vertu de la loi établie par Ohm, la quantité d'électricité qui s'écoule par un conducteur, c'est-à-dire l'intensité du courant, est proportionnelle à la tension électrique ou à la force électromotrice; car c'est ainsi que l'on appelle cette force aux deux pôles d'une pile dont le circuit n'est pas fermé.

Comme nous avons vu qu'une partie de cette force est employée à vaincre la résistance du circuit, il est clair que plus cette résistance est petite, plus l'intensité du courant sera grande: celle-ci est donc en raison inverse des résistances.

Dès lors, en désignant par J l'intensité du courant, par E la force électromotrice et par R la résistance du conducteur, la loi d'Ohm sera exprimée par l'équation

$$J = \frac{E}{R}.$$

Cette loi importante est la base de toute la théorie de l'électricité, et à moins de comprendre parfaitement cette loi, on ne saurait avoir une idée bien juste de la théorie.

Malheureusement l'appréciation de cette loi est en réalité aussi difficile qu'elle paraît facile au premier abord. Pour bien la comprendre, il faut étudier avec soin son application à différents cas.

Pour l'électro-thérapeutiste cette étude est d'autant plus indispensable que précisément, dans l'application de l'électricité à la médecine, cette loi doit

constamment être prise en considération. Comme preuve il suffit de se rappeler l'exemple d'un des électro-thérapeutistes les plus distingués qui, pour avoir négligé cette loi, s'est laissé conduire à une théorie singulière sur la différence entre les effets physiologiques des courants de la spirale secondaire et ceux des extra-courants; théorie qui s'affiche encore aujourd'hui dans plusieurs traités d'électro-thérapeutique, comme bien et dûment établie.

Nous ne pouvons pas, bien entendu, donner ici tous les développements de cette loi; nous devons nous contenter de ne prendre en considération que ceux qui sont indispensables pour comprendre la construction et l'usage des appareils électro-médicaux.

Nous avons désigné plus haut par R la résistance qui s'oppose au courant électrique; voyons maintenant de quoi se compose cette résistance. Elle se compose de deux parties: 1° la résistance du circuit, dans notre cas le corps humain, les électrodes et les fils conducteurs qui servent à réunir les deux pôles et qu'on peut à volonté ou agrandir ou réduire; 2° la résistance de la pile elle-même; elle est produite en majeure partie par les liquides que le courant a à traverser pour passer d'un métal à l'autre. La première résistance s'appelle extérieure, la seconde intérieure. Désignons la première par r , la seconde par R , nous pouvons donc exprimer la loi d'Ohm par :

$$J = \frac{E}{R + r}.$$

Examinons maintenant comment varie l'intensité du courant, lorsqu'on augmente le nombre et la grandeur des éléments. Si par exemple nous réunissons n éléments, sans changer en rien les résistances extérieures, nous aurons

$$J = \frac{nE}{nR + r}.$$

L'influence exercée sur J par l'augmentation du nombre des éléments, sera différente suivant la grandeur de r . Considérons les deux cas extrêmes qui se présentent l'un et l'autre dans l'application de l'électricité à la médecine. Prenons d'abord r négligeable par rapport à R , l'équation

$$J = \frac{nE}{nR + r}$$

pourra s'écrire

$$J = \frac{nE}{nR} = \frac{E}{R};$$

car la valeur de la fraction ne change pas sensiblement en supprimant au dénominateur une partie négligeable par rapport à ce terme.

Ainsi l'intensité du courant, après augmentation du nombre des éléments, est restée la même que dans l'élément isolé. Donc :

Lorsque la résistance du circuit est négligeable par rapport à celle de l'élément, l'intensité du courant n'est pas augmentée par l'augmentation du nombre des éléments.

En second lieu supposons la résistance intérieure négligeable par rapport à celle du circuit ; nous aurons

$$J_1 = \frac{nE}{nR + r}$$

ou

$$J_1 = \frac{nE}{r},$$

puisque nous pouvons négliger R par rapport à r . Dans ce cas, en prenant n éléments, on augmente n fois l'intensité du courant, la loi s'énonce alors :

Lorsque la résistance de l'élément est négligeable par rapport à celle du circuit, l'intensité du courant s'accroît proportionnellement au nombre des éléments.

Examinons maintenant l'influence que l'agrandissement des éléments exerce sur l'intensité du courant.

Lorsque la surface de l'élément croît n fois, la résistance devient n fois plus petite (on considère la section transversale). Ainsi la loi s'écrira :

$$J_1 = \frac{E}{\frac{R}{n} + r};$$

ou si r est négligeable

$$J_1 = \frac{E}{\frac{R}{n}} = \frac{nE}{R}.$$

Donc : Lorsque la résistance extérieure est négligeable par rapport à la résistance intérieure, l'intensité du courant augmente proportionnellement à la surface des éléments.

Si au contraire la résistance extérieure est très-

grande par rapport à celle de l'élément, on n'augmente point l'intensité du courant en augmentant la surface de l'élément. En effet on a :

$$I_1 = \frac{E}{\frac{R}{n} + r} = \frac{E}{r}.$$

En résumé ce qui précède montre que :

Lorsqu'on a affaire à des résistances très-grandes dans le circuit, il faut, pour augmenter l'intensité du courant, augmenter proportionnellement le nombre des éléments, en leur donnant une surface aussi petite que l'on voudra. Si au contraire on a affaire à des résistances extérieures très-petites, il faut, pour arriver au même but, accroître la surface de chaque élément, sans augmenter leur nombre.

Appelons tout de suite l'attention sur l'importance de cette loi dans l'application médicale de l'électricité.

Le corps humain, comme en général tout tissu animal, oppose au courant électrique une résistance tellement grande, que la résistance de l'élément est complètement négligeable par rapport à elle. Il en résulte que la surface des éléments n'est d'aucune importance quand on les destine à l'emploi thérapeutique : l'intensité du courant est uniquement déterminée par le nombre de ces éléments. Ainsi l'électrothérapeutiste n'obtiendra pas un courant plus fort avec 40 éléments de Daniell de la grandeur d'un verre à boire, qu'avec un même nombre d'éléments de la grandeur d'un dé à coudre,

Tout le contraire a lieu, lorsqu'on emploie l'électricité dans un but galvano-caustique, lorsqu'il s'agit de porter au rouge un fil galvanique court et n'offrant qu'une faible résistance. Ici la résistance de l'élément entre presque seule en ligne de compte, par suite le nombre des éléments n'augmentera pas l'intensité du courant, qui est le quotient de la force électromotrice par la somme des résistances ; en effet, la force électromotrice augmente bien avec le nombre des éléments, mais les résistances croissent aussi proportionnellement à cette force.

Lorsqu'il s'agira d'une cautérisation à l'aide du courant électrique, on augmentera l'intensité du courant en agrandissant la surface des éléments. Il est vrai qu'on n'augmente pas ainsi la force électromotrice ; mais comme les résistances diminuent proportionnellement à l'agrandissement des surfaces, l'intensité du courant croîtra aussi proportionnellement à cet agrandissement.

Néanmoins, lorsqu'on veut employer l'électricité et comme agent caustique et comme agent thérapeutique, il n'est nullement indispensable d'avoir à sa disposition les deux espèces d'éléments. On peut en effet disposer plusieurs petits éléments, de telle sorte qu'ils ne constituent plus qu'un seul élément ; la surface de celui-ci est égale à la somme de toutes les surfaces des éléments composants, sa résistance est égale à la résistance d'un élément isolé, divisée par le nombre des éléments composants. On arrive à ce résultat en réunissant tous les éléments *en bat-*

terie, c'est-à-dire en réunissant d'abord entre eux tous les pôles de même nom et en ne fermant le circuit qu'après avoir pris cette disposition. Un élément ainsi constitué pourra servir à cautériser; sa force électro-motrice augmentera en effet proportionnellement au nombre des éléments, toutes les fois que la résistance extérieure sera faible. Si au contraire celle-ci est considérable, on réunira les éléments entre eux, c'est-à-dire le cuivre de l'un avec le zinc du suivant et ainsi de suite, et c'est alors seulement que l'on reliera le zinc du dernier avec le cuivre du premier. Il est bien entendu que d'autres modes de combinaison sont encore possibles: on peut par exemple réunir en batterie une partie seulement des éléments, constituer ainsi plusieurs groupes, qui formeront autant d'éléments à grande surface, puis réunir ceux-ci entre eux. Quand nous réunissons donc en batterie n éléments, leur résistance est égale à $\frac{R}{n}$ si on désigne par R la résistance intérieure de chaque élément. Si on réunit au contraire les éléments en série, leur résistance devient nR ; par conséquent n^2 fois plus grande que dans le premier cas.

§ IV. — Densité du courant.

Nous allons maintenant éclaircir deux points de la théorie de l'électricité qui sont fort importants pour l'électrothérapie; savoir: en premier lieu les résistances offertes par les conducteurs suivant leur

forme, et en second lieu les lois de la diffusion des courants électriques dans des conducteurs linéaires.

Pour établir la relation entre la grandeur des résistances et la forme du circuit, il faut appliquer cette loi générale : que la résistance est directement proportionnelle à la longueur du conducteur, et inversement proportionnelle au carré de son diamètre, c'est-à-dire à sa section transversale ; ainsi la résistance sera représentée par $\frac{L}{Q}$ en appelant L la longueur du circuit et Q sa section transversale.

Quelques auteurs de traités d'électrothérapie ont mis une certaine confusion dans la nomenclature physique, grâce à quoi la plupart des médecins regardent comme équivalents les termes de densité et d'intensité du courant. Cette confusion est très-dangereuse. Par densité du courant, on entend l'intensité divisée par la section du conducteur : en effet, la quantité d'électricité qui passe, dans un temps donné, en un point d'un circuit fermé, est toujours la même ; il en résulte évidemment que la densité dépend de la grandeur de la section en ce point, et qu'elle est d'autant plus grande que cette section est plus petite. En appelant donc D la densité et J l'intensité du courant à la section du conducteur, nous aurons pour expression de la densité

$$D = \frac{J}{Q}.$$

Voyons d'abord ce que deviendra la densité du courant dans un conducteur dont la section vient

à varier, tandis que sa longueur reste toujours la même. Ici encore il faut prendre en considération la loi d'Ohm et les conséquences qui en découlent.

Prenons un élément de zinc et de cuivre, et réunissons les deux pôles avec un corps mauvais conducteur, tel qu'un nerf. La résistance de la pile sera ici extrêmement petite par rapport à celle du nerf et pourra être négligée; si nous appelons r la résistance du nerf, on aura

$$r = \frac{L}{Q};$$

car nous avons en effet vu plus haut que la résistance d'un conducteur est directement proportionnelle à sa longueur et inversement proportionnelle à sa section.

Reprenons la formule d'Ohm qui devient ici

$$J = \frac{E}{r},$$

et remplaçons r par sa valeur $\frac{L}{Q}$, nous obtiendrons

$$J = \frac{E}{\frac{L}{Q}} = \frac{EQ}{L}.$$

Mais la densité du courant est égale à $\frac{J}{Q}$, et en remplaçant J par la valeur que nous venons d'obtenir, nous aurons:

$$D = \frac{EQ}{LQ} = \frac{E}{L}.$$

A la place du premier nerf, mettons-en un second dont la section soit double, nous aurons

$$J = \frac{E \times 2Q}{L},$$

donc

$$D = \frac{J}{2Q} = \frac{E \times 2Q}{L \times 2Q} = \frac{E}{L}.$$

Nous voyons que la densité n'a pas changé, quoique la section ait été doublée. Si donc la résistance intérieure est négligeable par rapport à la résistance extérieure, la densité du courant ne changera pas par l'augmentation de la section.

Le contraire a lieu, lorsque la résistance extérieure est extrêmement petite par rapport à la résistance intérieure : dans ce cas la densité du courant est inversement proportionnelle à la section transversale.

En effet, dans ce cas, l'intensité du courant reste la même, quelle que soit d'ailleurs la section du conducteur intercalé (dont la résistance, nous l'avons dit, est toujours excessivement faible); nous aurons donc :

$$J = \frac{E}{r},$$

et

$$D = \frac{J}{Q},$$

d'où

$$D = \frac{E}{rQ}.$$

La densité sera donc d'autant plus petite que Q sera plus grand.

§ V. — Ramifications d'un courant dans plusieurs conducteurs.

Voyons maintenant comment un courant se ramifie dans plusieurs conducteurs.

Faisons passer un courant dans un conducteur de forme cylindrique, et dont par conséquent toutes les sections transversales sont identiques. Nous pouvons par conséquent considérer le courant qui passe dans ce conducteur, comme composé d'une série de filets électriques parallèles. Le nombre de ces filets sera le même dans chacune des sections qui sont égales entre elles ; par suite la densité du courant aussi sera partout la même. Si donc nous divisons le conducteur cylindrique en deux parties égales, nous trouverons dans chacune d'elles le même nombre de filets du courant ; ainsi l'intensité et la densité du courant seront les mêmes dans les deux parties. Mais si nous divisons le cylindre en deux parties inégales dont l'une soit par exemple 10 fois plus grande que l'autre, cette partie plus grande renfermera 10 fois plus de filets que l'autre, l'intensité du courant y sera 10 fois plus grande, mais la densité du courant sera la même dans les deux parties.

Admettons que nous ayons un courant qui se ramifie dans deux conducteurs (fig. 1).

Soit par exemple :

A, un élément dont le courant traverse le circuit dans le sens indiqué par les flèches. En B le courant se divise en deux parties : BCD, BFD. Il résulte de

l'exposé précédent que si ces deux branches sont égales, la même quantité d'électricité passera dans le même temps par chaque branche ; mais si ces branches sont inégales, il est évident que ce seront des quantités d'électricité différentes qui passeront pendant le même temps dans chaque branche.

Supposons que la résistance R du conducteur BFD soit 10 fois plus petite que celle du conduc-

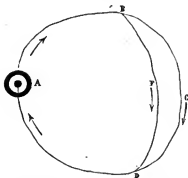


Fig. 1. — Ramification d'un courant dans deux conducteurs.

teur BCD ; cette dernière sera donc égale à $10 R$. Il est évident que nous pouvons faire complètement abstraction de la différence des deux conducteurs, et imaginer à la place de la branche BFD une autre de même nature que BCD, mais ayant une section 10 fois plus grande que celle-ci et par suite une résistance 10 fois plus petite. Nous ramenons ainsi ce cas à celui de la décomposition du conducteur cylindrique, et la conclusion tirée dans ce dernier

cas, s'applique également ici ; c'est-à-dire que l'intensité du courant sera 10 fois plus forte dans la branche qui est 10 fois plus grosse et qui par conséquent offre une résistance 10 fois plus petite.

La même considération peut aussi s'établir facilement, quand le courant se divise en trois, quatre, etc., branches.

Nous avons donc la loi générale suivante :

Lorsqu'un courant se divise en plusieurs branches qui ensuite se réunissent de nouveau en une seule, l'intensité du courant dans chaque conducteur est inversement proportionnelle à la résistance de celui-ci.

Cette loi importante a été établie par MM. Becquerel et Kirchhoff au moyen d'expériences très-difficiles ; elle constitue une des plus belles confirmations de la loi d'Ohm.

Pour mieux faire comprendre aux médecins la loi que nous venons d'énoncer, nous allons l'expliquer sur un exemple qui leur est familier.

A la place de l'élément voltaïque, considérons le cœur dont les contractions fournissent la force que dans la pile nous appelons force électromotrice. Le système vasculaire qui ramène au cœur le sang que cet organe a déversé représente par ses nombreuses ramifications les branches du courant ; la masse de sang correspond à la masse d'électricité. Dans le système circulatoire du sang, le mouvement n'est déterminé que par l'établissement de l'équilibre entre les tensions, c'est-à-dire entre les différences de pressions ; le sang s'écoule en effet

des artères où la pression est plus forte dans les vaisseaux capillaires, etc. ; il en est de même du courant électrique qui n'est que la conséquence de l'établissement d'équilibre entre les tensions électriques, équilibre qui tâche de se rétablir dans les différentes parties du circuit. Si la circulation du sang se fait d'une manière continue, c'est que, par ses contractions, le cœur fait passer sans cesse de nouvelles quantités de ce liquide du ventricule dans l'artère aorte, ce qui produit de nouvelles tensions dans les artères. Il en est de même dans la pile : le courant électrique se fait d'une manière continue, parce que la force électromotrice de l'élément crée incessamment de nouvelles quantités des deux électricités qui remplacent celles qui se sont équilibrées. Que le cœur cesse de se contracter, la circulation du sang s'arrêtera presque aussitôt. Que la force électromotrice cesse de produire de nouvelles tensions, immédiatement le fluide électrique s'arrêtera dans son mouvement de translation des points où la tension est plus forte vers ceux où elle est moindre.

Or chaque médecin sait que la quantité de sang qui, pendant l'unité de temps, traverse une partie déterminée du corps, dépend des résistances que le système circulatoire oppose en cet instant au mouvement, non-seulement dans la partie considérée, mais encore dans toutes les autres parties du corps.

Ainsi par exemple la masse de sang augmentera considérablement dans les viscères abdominaux, si,

par suite de l'élargissement de tous les vaisseaux de ces parties, il n'y a plus qu'une faible résistance qui s'oppose à l'accès du sang dans cette partie du corps ; mais en même temps la masse de sang diminuera en proportion dans la tête et dans les autres parties du corps. Si, au contraire, les vaisseaux de l'abdomen se contractent, la résistance y augmentera, et une masse bien plus considérable de sang refluera dans les vaisseaux de la tête. En un mot, les masses de sang qui se trouvent dans les différentes branches de l'appareil circulatoire sont en raison inverse des résistances opposées par ces branches. Dans cette phrase nous n'avons qu'à remplacer les mots de « branches de l'appareil circulatoire » et « masses de sang » par « branches du circuit » et « quantités d'électricité », et nous obtiendrons la loi énoncée plus haut sur les ramifications des courants électriques.

Nous allons maintenant considérer la propagation des courants à travers des conducteurs non prismatiques.

Cette étude est d'autant mieux placée ici, que c'est justement à des conducteurs de cette nature que nous avons affaire dans la diffusion des courants électriques dans le corps humain.

Admettons d'abord que les conducteurs soient homogènes et présentent par suite dans toutes leurs parties la même résistance spécifique. Nous avons montré plus haut que, dans un conducteur ramifié, le courant se diffuse de telle sorte que le courant,

qui passe dans chaque branche, est en raison inverse de la résistance de cette branche. Représentons-nous un conducteur formé d'un cercle métallique dans lequel le courant entre et sort par deux points diamétralement opposés ; nous pouvons, par supposition, décomposer le cercle en une série de bandes d'égale épaisseur qui toutes commencent à l'un des deux points pour se terminer à l'autre. Le courant passera naturellement à travers toutes ces bandes ; mais la bande du milieu dirigée suivant le diamètre est la plus courte ; les autres augmentent de plus en plus en longueur, à mesure qu'elles s'éloignent de la première ; donc l'intensité du courant sera la plus grande dans la bande du milieu et ira en décroissant des deux côtés de cette bande. Si nous supposons maintenant que les bandes deviennent de plus en plus minces et se rapprochent de plus en plus les unes des autres, le disque sera traversé par une série de courants curvilignes qui s'écartent de plus en plus de la droite définissant la bande du milieu, et prendront sur les bords une forme demi-circulaire. Toutes ces courbes divergeront au point d'entrée pour converger de nouveau au point de sortie. Les relations d'intensité entre les ramifications du courant resteront les mêmes, quelle que soit la forme du conducteur, et quelle que soit la position des deux points d'entrée et de sortie du courant. Le conducteur sera toujours traversé par un système de courants curvilignes qui vont tous du point d'entrée au point de sortie, et qui possèdent

leur plus grande intensité sur la ligne réunissant le plus directement ces deux points.

Je montrerai plus loin sur un schéma comment, dans l'emploi de l'électricité, de pareils courants se distribuent dans les différentes parties du corps humain. On comprendra alors plus facilement encore les relations qui existent entre les différentes branches d'un courant qui s'est ramifié dans des conducteurs non prismatiques.

Jusqu'à présent nous avons supposé les conducteurs formés de matières homogènes. Examinons maintenant ce qui aura lieu, quand les conducteurs seront formés de substances douées de résistances spécifiques différentes.

Si nous imaginons encore notre conducteur décomposé en une série de bandes minces, chacune de ces bandes opposera au courant une résistance différente qui sera d'autant plus grande que le pouvoir conducteur de la bande sera plus faible. Dans chaque bande, l'intensité du courant dépendra donc non-seulement de la longueur, mais encore de la résistance spécifique de cette bande, et l'intensité sera d'autant plus forte que la résistance sera plus faible. On rencontre de grandes difficultés en cherchant à poursuivre plus loin l'étude de la distribution des courants dans de pareils conducteurs; d'ailleurs nous ne pouvons pas entrer dans un examen plus approfondi de cette question.

La théorie de la ramification des courants est aussi très-importante pour l'application de l'électri-

citée à la thérapie, parce qu'elle nous met en main le moyen de faire varier par degrés précis l'intensité des courants. Nous décrirons plus loin un appareil à l'aide duquel le médecin peut réaliser facilement et avec précision cette gradation de l'intensité du courant. Ici je me contenterai d'expliquer le principe d'après lequel de semblables appareils sont construits.

Nous avons vu plus haut que l'intensité du courant dépend de la force électromotrice et des résistances de la pile et du circuit. On peut généralement augmenter cette intensité, soit en augmentant la force électromotrice, soit en diminuant les résistances dans le trajet du courant. Mais, en physiologie et en électrothérapie, il est très-difficile et souvent impossible d'obtenir ce résultat, et cela pour plusieurs causes. Nous verrons plus loin que les résistances des tissus animaux sont incomparablement plus grandes que celles des métaux. Si donc on voulait par exemple rendre encore un peu plus faible le courant d'un élément qui se trouve fermé par un morceau de tissu animal, et y arriver en augmentant la résistance du circuit, il faudrait, pour obtenir une augmentation sensible de celle-ci, employer un conducteur métallique d'une masse énorme (5 centimètres d'un nerf offrent presque la même résistance que 1,000 mètres de fil de cuivre ; il faudrait donc 10,000 mètres de fil métallique pour réduire au dixième l'intensité de courant d'un élément fermé par un morceau de nerf).

Nous avons vu plus haut que, dans l'emploi de l'électricité pour des buts thérapeutiques, on ne peut pas réaliser l'augmentation de l'intensité du courant par l'agrandissement des éléments, à cause de la grandeur énorme des résistances extérieures. La gradation de l'intensité par l'augmentation du nombre des éléments présentera donc de grandes difficultés ; mais on peut, comme nous l'avons dit, réaliser facilement cette gradation par la ramifica-

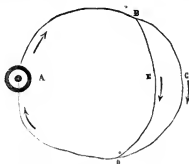


Fig. 2. — Ramification des courants utilisée pour la gradation de l'intensité des courants.

tion des courants. C'est Dubois-Reymond qui utilisa le premier en médecine le principe de la ramification pour la gradation de l'intensité des courants.

La figure 2 pourra donner une idée de ce principe :

Le courant envoyé par l'élément A se ramifie en B en deux branches BED et BCD qui se rejoignent

en D pour retourner à l'élément. En considérant la loi précédente sur la ramification des courants, il est évident qu'on peut augmenter l'intensité du courant en BCD, en augmentant la résistance dans BED. Cette augmentation de la résistance a pour effet une diminution correspondante de l'intensité du courant en BED et un accroissement proportionnel de l'intensité en BCD. Cet accroissement peut se calculer facilement à l'aide de certaines formules d'après l'augmentation de la résistance en BED. Si donc on possède un appareil dont la partie BCD est formée d'un corps animal, et dans lequel la branche BED est disposée de manière à pouvoir facilement et par degrés précis faire varier sa longueur, on aura la possibilité de réaliser rapidement et avec une exactitude mathématique, la gradation de l'intensité du courant dans la partie animale.

Nous décrirons plus loin un appareil de ce genre qui se prête parfaitement à des expériences thérapeutiques, nous indiquerons en même temps comment chaque médecin, s'il ne peut se procurer cet appareil, pourra se construire facilement un rhéostat qui sera un peu moins précis, mais qui pourra cependant rendre des services.

§ VI. — Courants d'induction.

Il nous reste encore à dire quelques mots sur la production des courants induits.

Lorsqu'un conducteur circulaire traversé par un

courant, tourne rapidement autour d'un autre conducteur de même forme, celui-ci est traversé par un courant qu'on appelle le *courant induit*. Il est de même sens que le premier courant, quand on éloigne les deux conducteurs l'un de l'autre ; il est de sens contraire, quand on les rapproche.

Le courant ainsi induit est très-faible et son intensité augmente avec la vitesse du mouvement qui rapproche ou éloigne les deux conducteurs. Mais on peut renforcer extrêmement ce courant, lorsqu'on remplace le conducteur de forme circulaire par un autre formé d'une longue série d'hélices ; car chacune de ces courbes agit par induction sur sa voisine. Si l'on place deux de ces hélices l'une à côté de l'autre, et que dans l'une d'elles on fasse passer un courant, il naîtra dans l'autre un courant toutes les fois que le premier courant commencera ou finira dans la première. Le courant est de même sens que le premier quand celui-ci commence, et de sens opposé quand il finit. Le courant qui naît subitement par la fermeture du premier circuit, agit naturellement sur la seconde hélice comme un courant qui s'approche subitement ; celui qui disparaît par la rupture du circuit, comme un courant qui s'éloigne subitement. La durée de ces courants induits est très-courte ; ils disparaissent aussitôt que le premier courant est fermé ou interrompu.

L'intensité du courant induit dépend de celle du courant inducteur, de la distance des deux hélices, et du nombre de spirales contenues dans chacune. Cette

intensité est proportionnelle à celle du premier courant, en raison inverse de la distance des deux hélices, et en raison directe du nombre de spirales dont chacune se compose. Pour obtenir des courants induits énergiques, il faut donc que la seconde hélice soit formée d'un grand nombre de spirales d'un fil métallique très-mince. On dispose aussi les hélices de telle sorte que la première bobine (hélice inductrice) puisse être glissée dans la seconde (hélice induite) ; dans ces conditions on obtient le maximum d'intensité du courant induit.

Relie-t-on les deux extrémités de la seconde bobine avec un conducteur, celui-ci sera traversé par un courant, quand on viendra à rompre ou à fermer le circuit de la première. Si au contraire le circuit de la seconde bobine est ouvert, il ne s'y produit aucun courant, mais l'électricité induite se divise en positive et négative qui s'accumulent aux deux pôles de l'hélice et peuvent atteindre une tension telle qu'elles seront capables de vaincre la résistance de l'air, et de se décharger. Relie-t-on avec le sol l'un des pôles, celui-ci se décharge, et s'il se trouve un nerf ou un muscle sur ce chemin de communication, ils pourront être irrités par cette électricité qui s'écoule. Une pareille irritation d'un nerf par un seul pôle s'appelle : irritation unipolaire.

L'électricité accumulée à l'un des pôles peut aussi se décharger lorsque le pôle est mis en communication avec un conducteur d'une grande surface ; ainsi

par exemple, lorsque l'un des pôles d'un appareil à induction communique avec le nerf non séparé du corps, le corps de cet animal peut servir de conducteur d'une grande surface; l'électricité qui s'écoule du pôle dans ces conditions peut également irriter le nerf. Pour éviter de pareilles irritations, on a l'habitude dans les essais physiologiques de mettre en communication avec le nerf les deux électrodes du courant, quand celui-ci n'a pas encore été mis en mouvement ou bien pendant qu'il se trouve divisé par un circuit auxiliaire; et c'est seulement après avoir établi cette communication qu'on laisse le courant envahir le nerf. Je montrerai plus loin que ce procédé mérite d'être imité dans l'application de l'électricité au corps humain.

§ VII. — L'extracourant.

Le courant de la première bobine ne donne pas seulement naissance au courant induit de la seconde bobine, mais il produit encore un second courant d'induction dans les spirales qu'il traverse lui-même; c'est ce second courant d'induction qu'on appelle extracourant. On l'observe facilement, en faisant communiquer le corps humain avec les deux extrémités de la bobine primaire, et en rompant ensuite le courant d'induction : le corps ressent un coup sous l'influence de l'extracourant qui se produit au moment de la rupture du circuit (c'est-à-dire par suite de la disparition du courant primitif). La fermeture du circuit donne également lieu à un

pareil extracourant dans les spirales de la bobine primaire; mais le dernier est beaucoup plus faible et ne s'observe qu'au moyen de dispositions spéciales. Sa faiblesse provient de ce qu'il marche contre le courant inducteur, tandis que l'extra-courant produit par la rupture du circuit marche dans le même sens; dans le premier cas une partie de l'intensité du courant se trouve soustraite, dans le second au contraire cette intensité éprouve une addition.

§ VIII. — Description des appareils.

Après avoir expliqué brièvement les parties de la doctrine de l'électricité, dont la connaissance est indispensable à l'électrothérapeutiste, nous allons maintenant passer à la description des appareils qui satisfont le mieux aux exigences d'une électrothérapie rationnelle.

De l'exposé suivant sur la théorie de l'électrotonus il résulte que, pour pouvoir examiner scientifiquement les effets de l'électricité sur les systèmes nerveux et musculaire, il fallait réaliser les conditions suivantes :

1° La constance des éléments servant à l'électrotonisation;

2° La possibilité d'une gradation rapide et précise de l'intensité des courants;

3° Le moyen d'éviter autant que possible la polarisation des électrodes.

Si, dans l'application de l'électricité à la théra-

peutique, on cherche à obtenir des effets constants, il faut réaliser autant que possible les mêmes conditions. Comment en effet produire sur le corps humain les effets connus des courants polariseurs, lorsque les courants employés pour la polarisation changent constamment d'intensité, et que l'on obtient par conséquent, non pas les effets du courant continu, mais les effets totalement différents des oscillations du courant? Mais comment employer plusieurs fois de suite un courant de même intensité, quand la force électro-motrice et les résistances des éléments dont on se sert varient continuellement?

Mais lorsqu'on emploie l'électricité dans un but thérapeutique, les conditions sont bien plus compliquées que dans les recherches physiologiques. Dans le corps humain c'est surtout à des conducteurs ramifiés que l'on a affaire, et comme ces conducteurs ont les formes les plus variées et les résistances spécifiques les plus différentes, il faut connaître exactement la grandeur et la distance des électrodes, l'intensité de la pression intérieure, etc., pour pouvoir affirmer que dans deux traitements différents on a réellement appliqué des courants de même intensité. C'est en partie pour avoir oublié de tenir compte de ces circonstances, qu'on a si souvent obtenu des résultats si différents et si variables dans les traitements électriques. La différence individuelle des différents malades a à peine exercé une influence plus considérable. Mais ce n'est pas seulement l'intensité du courant qu'il faut con-

sidérer; sa direction, le nombre de ses interruptions, etc., sont autant de variables qui exercent la plus grande influence sur la nature des effets produits par les courants électriques; nous le démontrerons plus tard en traitant de l'irritation des nerfs.

Par conséquent, pour pouvoir faire une application rationnelle de l'électricité, le médecin doit disposer des appareils suivants :

1° Une batterie à éléments aussi constants que possible ;

2° Des appareils d'induction avec une disposition pour égaliser la durée des coups de rupture et de fermeture ;

3° Un appareil pour la gradation exacte des intensités des courants quel'on obtient avec des batteries constantes ;

4° Une disposition qui permette de changer rapidement la direction du courant, sans éloigner les électrodes du corps ;

5° Un interrupteur pour le courant constant, que l'on puisse faire marcher plus ou moins vite ;

6° Un grand nombre d'électrodes dont les dimensions doivent être exactement connues ;

7° Une clef qui permette de ne fermer le courant que quand les deux électrodes sont déjà appliquées sur le corps.

Voyons quels sont, parmi tous les appareils que l'on a proposés pour l'emploi médical, ceux qui répondent le mieux aux exigences dont nous venons de faire l'énumération.

Commençons par les éléments que l'on emploie pour la production de courants constants. Ce sont surtout quatre espèces d'éléments que l'on a proposés pour l'application thérapeutique : ceux de Daniell, de Grove, de Bunsen et de Smee. Nous allons exposer brièvement le principe de chacune de ces piles.

Dans la *pile de Daniell* les métaux qui engendrent l'électricité sont le zinc et le cuivre. Pour éviter la polarisation, les métaux plongent dans des liquides différents ; le zinc dans de l'eau acidulée d'acide sulfurique, le cuivre dans une solution saturée de sulfate de cuivre. Pour éviter le mélange des deux liquides, on les sépare par une cloison poreuse faite de porcelaine déglazée.

Cette disposition empêche la polarisation et voici comment : l'acide qui se dépose sur le zinc l'attaque pour le transformer en oxyde de zinc, l'oxyde ainsi formé se combine avec l'acide sulfurique et donne du sulfate de zinc restant en dissolution dans la liqueur. Sur la lame de cuivre se déposent de l'hydrogène et de l'oxyde de cuivre provenant de la décomposition du sulfate de cuivre. L'hydrogène réduit l'oxyde de cuivre et se combine avec son oxygène pour former de l'eau.

Dans la *pile de Grove* les métaux employés sont le zinc et le platine. Les métaux plongent : le zinc dans de l'acide sulfurique étendu, comme précédemment, le platine dans de l'acide azotique fumant. Ce dernier liquide est contenu dans un cylindre de

porcelaine qui est fermé par un couvercle s'appliquant aussi hermétiquement que possible. La lame de platine est adaptée à ce couvercle; on lui donne la forme d'un S pour augmenter sa surface.

La polarisation est empêchée sur le zinc de la même manière que dans l'élément de Daniell. Quant au platine, l'hydrogène qui s'y dépose réduit l'acide azotique, le transforme en acide azoteux et se combine avec l'oxygène excédant pour former de l'eau.

Dans la *pile de Bunsen*, le platine est remplacé par un cylindre de charbon fait avec le charbon compacte que l'on trouve adhérent aux parois des cornues employées à la fabrication du gaz d'éclairage.

On empêche la polarisation de la même manière que dans la pile de Grove.

Enfin l'*élément de Smee* consiste en plaques de zinc et d'argent; ces dernières sont recouvertes de platine, et plongent ainsi que les premières dans de l'eau aiguillée d'acide sulfurique.

Pour éprouver la constance de ces quatre espèces de piles, j'ai fait une longue série de mesures comparatives dans le laboratoire de physique de l'université de Vienne, et ces mesures portaient non-seulement sur la force électromotrice, mais encore sur les résistances intérieures de l'élément.

Mes expériences me démontrèrent qu'il était impossible de se servir de l'élément de Smee pour des applications thérapeutiques; car non-seulement la force électromotrice y varie constamment avec le temps d'activité de la pile; mais la résistance inté-

rieure éprouve aussi continuellement des oscillations qui au commencement marchent de pair avec les modifications de la force électromotrice.

C'est la pile de Daniell qui tient parmi toutes le premier rang pour la constance de la force électromotrice; un élément qui pendant 4 à 6 jours restait rempli des mêmes liquides, ne montrait presque aucune modification dans la force électromotrice. Les variations de la résistance intérieure étaient également minimales, quoique un peu plus considérables que dans l'élément de Grove; mais par contre dans ce dernier les oscillations de la force électromotrice étaient un peu plus étendues, cependant toujours très-faibles.

Les plus grandes oscillations de la résistance intérieure se présentaient dans l'élément de Bunsen, quand on adaptait au cylindre de charbon un anneau de zinc pour dériver le courant. L'augmentation de la résistance intérieure était alors tellement grande que l'intensité du courant se trouvait considérablement diminuée, quoique les résistances extérieures intercalées dans le circuit fussent très-grandes.

Les oscillations de cette résistance intérieure deviennent beaucoup moindres en employant un anneau de cuivre, surtout si l'on a soin de ne placer dans le vase qu'un cylindre de charbon bien sec; car si le charbon est humide, l'acide azotique l'imprègne bien plus vite et par suite attaque toujours un peu le métal. La seule manière d'adapter l'anneau

sur le charbon exerce, sur la grandeur de la résistance intérieure, une influence qui n'est pas négligeable; d'après le mode employé la surface de contact du métal et du charbon peut en effet augmenter ou diminuer.

Il faut pourtant dire que, dans l'application de l'électricité au corps de l'homme, nous avons affaire à des résistances tellement colossales dans le circuit, que les petites oscillations de la résistance intérieure n'exercent aucune influence sur l'intensité du courant; cela ressort des déductions de la loi d'Ohm que nous avons donnée plus haut. Dans les piles de Daniell et de Grove, ces oscillations sont en réalité négligeables; mais elles ne le sont pas complètement dans celle de Bunsen et cela pour le motif suivant : dans l'application des courants électriques au corps de l'homme, nous avons toujours affaire à des ramifications de courant et à des fermetures secondaires dans le circuit. Il est évident que dans les parties qui offrent une résistance moindre, l'intensité du courant se trouve beaucoup plus influencée par les variations de la résistance intérieure, que dans les parties qui offrent une résistance considérable. Par conséquent, dans les premières, l'intensité du courant décroîtra très rapidement, quand les résistances de l'élément augmentent; et comme dans l'électrisation de l'homme le courant est dirigé de telle manière, que la région sur laquelle on cherche à agir, est justement celle qui offre le moins de résistance, il en résulte que les oscillations auront juste-

ment en cette région leur plus grande étendue avec l'emploi de piles de Bunsen quand celles-ci ne seront pas disposées d'une façon convenable. Je me suis convaincu qu'en employant l'élément de Bunsen et en adaptant l'anneau de zinc pour recueillir le courant, l'intensité du courant s'est réduit à un minimum dans la fermeture secondaire du circuit, quand il y a augmentation de la résistance intérieure. La conclusion que nous venons de tirer de la loi d'Ohm se trouvait donc ainsi démontrée expérimentalement.

En résumé, les piles de Daniell et de Grove répondent le mieux aux conditions qui doivent être remplies, quand on applique l'électricité en thérapeutique. Si l'on tient absolument à employer la pile de Bunsen, il faut donner une attention toute particulière au mode de jonction des fils conducteurs avec le cylindre de charbon : le mieux sera de rendre cette jonction tout à fait stable.

Quant à la grandeur des éléments, nous avons déjà montré plus haut, en développant la loi d'Ohm, qu'elle est tout à fait indifférente, lorsqu'on emploie l'électricité dans un but thérapeutique. Dans ce cas en effet c'est le nombre des éléments seul, et non leur grandeur, qui influe sur l'intensité du courant, ce qui tient à l'énorme disproportion entre les résistances du circuit et celles de la pile. Pour ce qui concerne la disposition des éléments de Daniell, c'est celle de Siemens qui est une des plus appropriées à l'emploi médical.

Les éléments de Siemens et Halske sont renfermés dans de grands cylindres en verre de 15 centimètres de hauteur sur 11 centimètres de diamètre. La plaque de cuivre est contournée en différents sens et repose sur le fond du vase ; à cette plaque est soudé un fil de cuivre qui, dépassant le verre, se rend en dehors de l'élément ; par-dessus la plaque de cuivre on renverse un vase cylindrique en porcelaine dégourdie dont les bords touchent le fond du verre ; sur le fond de ce vase en porcelaine est mastiqué un cylindre en verre ; ce fond est de plus percé d'un trou qui met en communication les deux cylindres et qui donne en même temps passage au fil abducteur de l'électricité ; le vase terreux se trouve entouré de tous côtés d'une masse de papier mâché qui est fortement imprégnée d'acide sulfurique ordinaire et qui atteint environ la moitié de la hauteur du verre ; c'est sur elle que l'on place le cylindre de zinc, mais en le faisant reposer sur une couche de futaine. Le zinc se trouve donc, dans cet élément, placé plus haut que le cuivre dont il est séparé par le papier mâché et par le vase cylindrique. On remplit le cylindre de verre intérieur avec des cristaux de sulfate de cuivre, puis on le remplit d'eau. Dans le vase extérieur on verse de l'eau jusqu'à ce que tout le zinc en soit recouvert et on y ajoute ensuite quelques gouttes d'acide sulfurique. Un élément ainsi disposé reste constant pendant 9 à 12 mois ; faut seulement toutes les 4 à 6 semaines renouveler les cristaux de sulfate de cuivre ainsi que l'eau qui

les baigne; il faut aussi tous les 3 à 4 mois renouveler l'eau et verser quelques gouttes d'acide sulfurique autour du cylindre de zinc. Mais au bout de 9 à 12 mois il devient nécessaire de nettoyer tout l'appareil, d'amalgamer à neuf le cylindre de zinc (1), et de changer la couche de futaine. Le papier mâché doit être renouvelé tous les 3 ans (2).

Tout le monde comprend les avantages de ces éléments pour l'emploi médical. Non-seulement ils sont beaucoup plus constants que les éléments ordinaires de Daniell à cause du peu d'activité des réactions chimiques dans l'intérieur de la batterie, mais ils sont aussi beaucoup plus maniables; car on peut s'en servir pendant des mois sans avoir besoin de les remplir de nouveau.

La figure 3 représente la batterie de Remak, qui est composée d'éléments de Siemens.

Cette batterie est pourvue d'un appareil particu-

(1) Pour amalgamer le zinc, il faut d'abord le tremper pendant quelques secondes dans de l'acide sulfurique ou chlorhydrique dilué. Quand le métal a été ainsi décapé, on l'arrose intérieurement et extérieurement de mercure avec lequel on le frotte encore plus tard à l'aide d'un linge. J. Rosenthal recommande de dissoudre 4 parties de mercure dans un mélange fait avec 4 parties d'acide azotique et 15 parties d'acide chlorhydrique, puis d'ajouter encore 20 parties d'acide chlorhydrique. Le zinc, après avoir été décapé avec l'acide sulfurique, est enduit de cette solution à l'aide d'un pinceau.

(2) On verse sur le papier mâché de l'acide sulfurique ordinaire, et on remue jusqu'à ce que le tout ne forme plus qu'une pâte homogène et visqueuse; on malaxe celle-ci dans l'eau, et, après l'avoir débarrassée de l'excès d'eau acide, on place la masse ainsi obtenue entre le verre extérieur et le cylindre terreux.

lier, le collecteur (*Stromwähler*) pour combiner tel nombre d'éléments que l'on désire, d'un commutateur pour changer la direction du courant et d'un

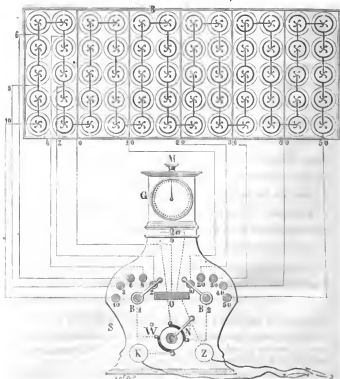


Fig. 3. — Batterie de Remak.

galvanoscope pour indiquer approximativement l'intensité du courant.

Le collecteur sert à choisir l'intensité du courant;

on peut, en effet, en déplaçant les manivelles, réunir un nombre quelconque d'éléments, pourvu que ce nombre soit pair et inférieur à soixante.

Dix boutons argentés sont adaptés sur une plaque verticale en acajou ; chaque bouton est marqué d'un chiffre qui indique le nombre des éléments avec lesquels il est relié. La série de ces chiffres est de 2, 4, 6, 8 et 10 d'un côté, et de 10, 20, 30, 40 et 50 de l'autre. Au centre de chacune des deux demi-circoufères formées par les boutons métalliques, est placé un axe et autour de ces axes se meuvent avec facilité deux manivelles garnies de manches d'ivoire, B_1 et B_2 ; quand ces manivelles sont placées sur 0 ou bien entre deux boutons, le courant ne passe pas.

Les exemples suivants montreront comment il faut placer les manivelles pour combiner les éléments entre eux :

La manivelle B_1 se trouve-t-elle sur 2 et B_2 sur 0, il y aura 2 éléments dans la pile. Place-t-on successivement la manivelle B_1 sur les boutons 4, 6, 8 ou 10, ce sera chaque fois un nombre d'éléments correspondant qui se trouvera intercalé dans le circuit. La manivelle B_1 est-elle sur 2 et B_2 sur 10 (comme dans le dessin), 12 éléments se trouveront intercalés dans le circuit ; chaque fois que l'on avancera la manivelle B_2 d'un bouton vers la droite, la pile sera augmentée de 10 éléments.

Le commutateur C porte les indications N (normal) et W (Wechsel, changement) ; il sert à changer

la direction du courant. On fixe les fils conducteurs en les serrant dans les vis K et Z ; si alors la manivelle du commutateur est placée sur N, le courant entrera dans le corps par l'électrode K et retournera au zinc par l'électrode Z ; si au contraire on place la manivelle du commutateur sur W, le courant positif aura une direction inverse et ira de Z en K. En enlevant le bouchon métallique α , on peut intercaler dans le circuit le galvanoscope G. Quant au mode de communication du galvanoscope avec le commutateur C, on le voit parfaitement sur la figure. Au bouton de laiton M est fixée une petite barre magnétique qui permet de ramener l'aiguille du galvanoscope sur 0 en tournant le bouton à droite ou à gauche. Voici comment on monte la batterie. Le pôle de cuivre de l'élément est mis en communication avec le bouton 10 de la manivelle B₁ ; sur la vis à pression qui relie le second élément au troisième, on attache un second fil conducteur que l'on fixe ensuite au bouton 8. C'est de la même manière que les vis à pression entre les 4^e et 5^e, 6^e et 7^e, 8^e et 9^e éléments, sont mises en communication avec les boutons 6, 4 et 2. Le fil entre le 10^e et 11^e élément est mis en communication avec la plaque métallique qui se trouve entre les deux régulateurs. A partir du 11^e élément, on compte chaque fois 10 éléments et on met en communication avec les boutons 10, 20, 30 et 40, les vis à pression qui relient entre elles ces séries de dix, c'est-à-dire les vis qui sont entre les 20^e et 21^e,

30° et 31°, 40° et 41°, 50° et 51° éléments. Le pôle zinc du 60° élément est mis en communication avec le bouton 50.

Comme on le voit, l'appareil que nous venons de décrire satisfait à toutes les exigences que nous avons énumérées plus haut, et il est, de tous ceux qui ont été proposés jusqu'à présent, celui qui remplit le mieux les conditions de constance pour le courant, et de facilité pour l'emploi (1); cet appareil n'a qu'un inconvénient, c'est qu'en déplaçant les manivelles, pour changer l'intensité du courant, on est obligé d'interrompre celui-ci. J'ai remédié à cet inconvénient d'une manière très-simple, je fis fabriquer des manivelles se composant chacune de deux pièces; les deux parties d'une même manivelle tournent autour du même axe, mais indépendamment l'une de l'autre. Pour changer le nombre des éléments compris dans le circuit, on place d'abord l'une des pièces de la manivelle sur le bouton voulu, et c'est seulement alors que l'on rompt la communication de la seconde pièce avec le bouton qui servait jusque-là au passage du courant. De cette manière le courant qui traverse le corps n'éprouve aucune interruption.

Il manque encore à cet appareil un rhéostat pour une gradation plus exacte de l'intensité du courant.

(1) Les batteries de Gaiffe composées d'éléments au chlorure d'argent ont l'avantage d'être très-portatives. Ainsi que tous les autres appareils électro-médicaux proposés par cet excellent constructeur, son appareil pour le courant constant peut être employé avec avantage.

Le rhéostat le plus apte à l'usage médical est celui qui a été proposé par Siemens (fig. 4). Le carré représente la boîte en bois : les trois cercles figurent trois bobines en caoutchouc durci, sur lesquelles est enroulé le fil en maillechort servant de résistance ; les petits cercles sont en métal, ainsi que les barres désignées par des lettres et des chiffres.

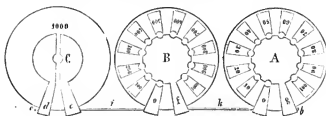


Fig. 4. — Rhéostat de Siemens.

fres. La bobine C contient un fil en maillechort, dont la résistance est égale à 1,000 unités de Siemens (1); sur la bobine B sont 10 fils offrant chacun une résistance de 100 unités; sur la bobine A également 10 fils, mais la résistance de chacun d'eux n'est que de 10 unités. Que l'on introduise 3 bouchons métalliques dans les intervalles circulaires *oC*, *oB* et *oA*, et que l'on fasse arriver un courant par le point *c* où se trouve une vis à pression pour fixer le fil conducteur, ce courant passera par la barre métallique *d*, le bouchon *oC*, la barre *e*, le

(1) L'unité de Siemens est égale à la résistance d'une colonne de mercure de 1 mètre de longueur, sur 1 millimètre carré de section, et à la température de 0°.

fil de cuivre i , la barre oB , le cercle métallique B , la barre f , le fil K , la barre oA , le cercle A , enfin la vis de pression b que l'on a mise en communication avec l'autre pôle de la batterie. Par conséquent, quand l'appareil est ainsi disposé, les fils métalliques ne sont pas du tout touchés par le courant ; la résistance des barres et des disques métalliques est négligeable. Mais si on enlève le bouchon placé en oC , le courant, pour passer de la barre d à la barre e , est obligé de traverser le fil de 1,000 unités de résistance. Si on place le second bouchon dans l'intervalle circulaire en face de la barre 100 (au lieu de oC), une nouvelle résistance de 100 unités se trouvera intercalée dans le circuit, et la résistance totale de l'appareil sera de 1,100 unités. Si on place de plus le troisième bouchon en 10, au lieu de 0, l'appareil offrira une résistance de 1,110 unités. Il est évident que les deuxième et troisième bouchons peuvent être intercalés en face de n'importe quel autre chiffre que l'on choisit suivant la grandeur de la résistance que l'on veut obtenir. On peut donc de cette manière intercaler dans le circuit un nombre d'unités de résistance quelconque, pourvu que ce nombre soit divisible par 10 et compris entre 10 et 2,100. On emploie cet appareil comme fermeture secondaire au circuit, le corps de l'homme étant la fermeture principale. On peut, à l'aide du rhéostat, donner au courant qui traverse le corps une intensité désirée : il suffira pour cela d'intercaler dans la fermeture secondaire un nombre convenable d'unités

de résistance. Il est évident que plus le nombre des unités de résistance intercalées dans le *circuit secondaire* sera petit, plus l'intensité du courant sera faible dans le conducteur principal, c'est-à-dire dans le corps de l'homme.

Plusieurs électrothérapeutistes ont cherché à effectuer la gradation de l'intensité du courant en intercalant dans le circuit des colonnes d'eau ; mais il faut rejeter complètement une pareille gradation ; car la résistance de la colonne d'eau est beaucoup trop faible en elle-même, pour qu'il soit possible d'obtenir ainsi une gradation quelconque, quand le corps de l'homme est déjà intercalé dans le circuit ; de plus la résistance de la colonne d'eau éprouve des changements continuels par suite de l'électrolyse qui a lieu. Si le médecin tient absolument à employer un rhéostat à liquide, c'est comme fermeture secondaire qu'il doit l'employer (ainsi que cela a lieu avec les rhéostats métalliques), et non pas comme résistance intercalée dans le conducteur principal. Chaque médecin peut lui-même construire un pareil rhéostat de la manière suivante. On ferme l'une des extrémités d'un tube en verre en y amalgamant une petite plaque de zinc, à laquelle on a soudé préalablement un fil de cuivre. On bouche l'autre extrémité du tube avec un bouchon en liège traversé par un fil de cuivre qui peut se mouvoir dans le bouchon. Ce fil doit être recouvert uniformément d'une couche de laque, et à l'extrémité qui entre dans le tube, doit être amalgamée une petite plaque de zinc

qui pourra, par le déplacement du fil, être rapprochée ou éloignée de la première plaque de zinc. Il faut remplir le tube avec une solution saturée de sulfate de zinc et le fixer sur un pied approprié à l'usage. Le tube peut être muni d'une échelle qui indique la distance des deux plaques. Dans un pareil instrument la résistance est évidemment proportionnelle à la distance des deux plaques. Comme cet appareil sert de circuit secondaire, il faut éloigner d'autant plus les deux plaques de zinc l'une de l'autre, que l'on veut renforcer davantage le courant passant dans le corps.

Tels sont les appareils que j'ai employés dans mes opérations médicales et qui satisfont le mieux à toutes les exigences auxquelles de semblables appareils doivent répondre. Pour l'exécution de mes expériences, j'ai employé un grand appareil qui est construit d'après les mêmes principes que les précédents, mais qui possède cependant sur eux un grand avantage, c'est que non-seulement il est en communication avec le rhéostat de Siemens et un interrupteur, mais qu'il permet encore de remplacer le courant constant par un courant d'induction, sans enlever les électrodes du corps.

Les batteries de ces appareils peuvent être placées dans une pièce différente, et communiquer avec le régulateur du courant (*Stromwähler*) par des cordons conducteurs suivant le mode que nous avons indiqué plus haut ; les meilleurs cordons à employer sont des fils de cuivre enveloppés dans un tube en caoutchouc.

Les électrodes dont je me sers ont été exécutées d'après les indications de Remak ; elles sont en laiton et se terminent à leurs extrémités par des boutons, des barres, des pointes, des plaques, etc., ayant les dimensions les plus diverses. Leurs pointes sont recouvertes d'éponge ou de peau, puis le tout est enveloppé de toile.

Outre la batterie de Remak, on en a vanté beaucoup d'autres comme donnant des courants constants et comme propres à l'usage médical. Je vais les énumérer brièvement.

De toutes celles qui ont été proposées, la *batterie de Grove* (métaux : zinc et platine) est la seule dont le courant ait une intensité assez constante pour qu'on puisse l'employer dans un traitement thérapeutique.

Elle a même sur la pile de Daniell l'avantage de donner une force électro-motrice plus que double. Mais elle a aussi des inconvénients ; ainsi on est obligé de la démonter chaque jour, et les vapeurs nitreuses qui s'en dégagent constamment, forcent le médecin à la placer dans une pièce voisine ; de plus les frais de réparation sont beaucoup plus considérables que dans la pile de Remak ; mais on peut les diminuer considérablement en faisant fabriquer des éléments aussi petits que possible, une pareille réduction des éléments ne changeant pas notablement l'intensité du courant, quand il est destiné à l'emploi thérapeutique.

Les *éléments de Bunsen* (zinc-charbon) disposés d'après la méthode du mécanicien Stöhrer, ont

souvent été employés dans la pratique médicale.

J'ai déjà montré plus haut que, pour plusieurs motifs, on ne doit pas s'en servir, quand on emploie l'électricité pour le traitement des malades. Ce que nous avons dit précédemment sur l'inconstance des résistances intérieures, est encore vrai, et à un degré bien plus marqué, pour l'élément de Stöhrer. La force électromotrice aussi est loin d'être aussi constante que dans l'élément de Bunsen. De plus, dans cet appareil de Stöhrer, les parties secondaires sont disposées d'une manière tellement compliquée, elles sont tellement inconfortables, que leur maniement est extrêmement difficile; les charbons s'imprègnent de sel de zinc, ce qui les met hors de service et oblige de les renouveler très-souvent. En un mot, la batterie de Stöhrer exige plus de soin et de précautions que n'importe quelle autre, et elle ne présente aucun avantage sur la pile de Daniell.

Quant à la *batterie zinc-plomb, mousse de platine*, que Fromhold a employée, il faut la rejeter complètement de la pratique médicale, ainsi que toutes celles dont les deux métaux plongent dans le même fluide. M. Fromhold prétend que sa pile a de grands avantages dans les cas où l'on cherche à obtenir des oscillations d'intensité et de quantité, opinion qui prouve une certaine confusion des déductions tirées de la loi d'Ohm.

On pourrait en dire autant de l'élément proposé par Garratt.

Dans ces derniers temps Julius Tomsen proposa une nouvelle batterie; on l'a appelée *batterie de polarisation*. Elle a cet avantage, que, pour la mettre tout entière en activité, il suffit d'employer un seul élément galvanique; il en résulte qu'elle occupe aussi très-peu de place. Le courant de cette batterie résulte de l'accumulation des courants qui se sont produits par la polarisation des plaques de platine. En effet, faisons plonger deux plaques de platine dans de l'eau acidulée d'acide sulfurique, touchons-les avec les deux pôles d'une pile, puis éloignons l'élément; un courant de polarisation se produira aussitôt que nous mettrons les deux plaques de platine en communication l'une avec l'autre. Sur la plaque qui était reliée avec le pôle zinc, il s'est rassemblé de l'hydrogène, sur l'autre de l'oxygène; mais ce courant n'aurait qu'une durée éphémère et s'arrêterait presque immédiatement, si l'on n'avait soin de produire constamment sur les plaques une nouvelle polarisation, en les mettant en communication avec les pôles de la pile. Que l'on relie entre eux un grand nombre de couples et qu'on fasse communiquer les deux extrêmes avec les deux pôles d'une pile, et l'on obtiendra un courant de très-grande tension; mais l'intensité de ces courants est-elle suffisamment constante pour qu'on puisse les employer en médecine? C'est là encore une question à résoudre. Je ne connais cet appareil que depuis l'Exposition parisienne et je n'ai pas encore eu l'occasion de l'essayer.

Nous allons maintenant décrire les appareils que l'on emploie pour la production de *courants induits*.

Ici non plus, je ne donnerai pas la description de tous les appareils qui ont été proposés dans ce but ; je ne parlerai que de ceux qui répondent le mieux aux exigences du médecin. Du reste pour l'emploi médical le choix des appareils d'induction est beaucoup moins important que celui des appareils pour la production de courants constants ; car les premiers peuvent presque tous être employés indifféremment.

Les appareils d'induction doivent surtout remplir les conditions suivantes :

1° Il faut que l'on puisse choisir à volonté l'extracourant ou le courant induit ;

2° Il faut que l'on puisse effectuer une gradation facile et exacte du courant induit ;

3° Comme la fréquence des coups d'induction dépend des interruptions de la bobine primaire, celles-ci doivent se faire régulièrement ; il faut en outre qu'on puisse les rendre plus ou moins fréquentes ;

4° Il faut égaliser, autant que possible, la durée des coups de fermeture et des coups de rupture.

Dans les appareils d'induction ordinaires, le coup de fermeture possède une action physiologique bien plus faible que le coup de rupture. Voici la raison de cette inégalité. Au moment où le courant constant commence dans la bobine primaire, il produit dans cette bobine même un extracourant qui est

dirigé en sens contraire du courant induit de la bobine secondaire dont, par conséquent, il affaiblit l'action. Mais l'extracourant qui résulte de l'interruption du courant constant ne peut point exercer son action ; car, le circuit étant rompu, il est impossible qu'il s'y répande. Le courant d'induction de rupture possède donc une action physiologique bien plus grande que le courant d'induction de fermeture. Plus loin nous apprendrons à connaître une disposition particulière qui permet de détruire cette inégalité existant entre les coups d'induction.

Le meilleur interrupteur que l'on possède pour

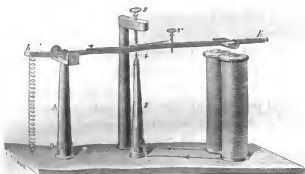


Fig. 5. — Interrupteur de Wagner.

les courants induits, est celui qui a été inventé par Wagner. L'interruption du courant y est produite par un marteau électro-magnétique indépendant du reste de l'appareil intercalé dans le circuit du courant constant.

Le courant de la pile entre par la colonne A dans le levier hh' ; un ressort à boudin placé à l'extrémité h maintient le levier contre la vis S; de S le courant se rend à un petit électro-aimant représenté sur la figure, enfin il retourne à la pile par la colonne B. Dans la partie du levier qui est placée au-dessus des pôles de cet électro-aimant, est adaptée une armature en fer doux. Faisons passer le courant; l'électro-aimant attire l'armature de fer doux, le levier se trouve ainsi séparé et éloigné de la vis S, et le courant est interrompu. Mais par suite de cette interruption l'électro-aimant n'attirera plus le fer doux; le levier sollicité par le ressort antagoniste retournera à sa première position et s'appuiera de nouveau à la vis S; ainsi le circuit se trouve de nouveau fermé, ce qui provoque une nouvelle aimantation, et une nouvelle interruption, etc.

Si l'on donne à l'appareil d'induction et à l'interrupteur une disposition telle que le courant pour passer de la vis S à l'électro-aimant soit obligé de traverser les spirales de la bobine primaire, alors le courant sera régulièrement interrompu dans cette bobine, ce qui donnera naissance régulièrement à des courants d'induction dans la bobine secondaire. Le meilleur appareil d'induction, celui qui convient le mieux pour l'emploi médical, c'est l'appareil de Dubois-Reymond (Fig. 6).

Le courant arrive dans cet appareil par la colonne A; il entre dans un ressort en maillechort qui remplit ici la fonction du levier hh' , de la figure 5.

Au point de contact de ce ressort avec la vis E est placée une petite plaque en platine pour diminuer l'effet destructeur de l'étincelle qui se produit au moment de l'interruption du courant. De E le courant passe par le bloc de laiton D et par la vis de pression A' pour arriver à l'hélice primaire B; il se rend ensuite au petit électro-aimant; enfin il retourne

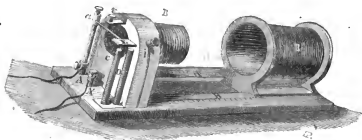


Fig. 6. — Appareil d'induction de Dubois-Reymond.

à l'élément par la vis de pression. Au-dessus de l'électro-aimant D est suspendue l'armature E. Le jeu de l'appareil est semblable à celui du précédent. Quant à la gradation du courant, elle se fait premièrement par le déplacement de la bobine secondaire; celle-ci est en effet mobile sur un traineau qui permet de l'approcher ou de l'éloigner de la bobine primaire; deuxièmement, par l'introduction dans la spirale primaire d'un faisceau de fil plus ou moins grand. On peut en effet de cette manière renforcer l'intensité du courant induit; en voici la raison : les

fil de fer doux sont rendus magnétiques par le courant qui circule dans la bobine primaire ; dans cet état ils induisent un courant très-intense dans la bobine secondaire, et ce courant s'ajoute à celui que produit le courant de la spirale primaire. Si au lieu d'un faisceau de fils on se sert d'une tige en fer doux, le courant induit s'agrandira d'une quantité beaucoup moindre. C'est que dans le fer doux, qui est conducteur, la bobine primaire produit un courant induit ; ce courant en induit un autre dans la spirale secondaire, et celui-ci est dirigé en sens contraire du courant produit dans la même spirale par la bobine primaire ; il affaiblit donc ce dernier. Les fils de ces faisceaux sont recouverts de vernis ; par conséquent il ne peut pas s'y produire de courant induit qui affaiblirait celui de la bobine secondaire. Lorsqu'on introduit un corps conducteur entre la spirale primaire et la spirale secondaire, le courant induit est affaibli, comme il l'était par la tige de fer doux, et la cause en est la même. On peut donc effectuer la gradation du courant induit en introduisant un tube en cuivre plus ou moins profondément entre les deux spirales ; c'est le moyen qu'employa M. Duchenne.

Si, dans l'appareil que nous venons de décrire, on veut recevoir de l'extracourant, il n'y a qu'à relier les électrodes avec les vis de pression.

Helmholtz a ajouté à l'appareil de Dubois une disposition particulière très-ingénieuse qui permet d'égaliser les intensités des coups de fermeture et de rupture, en voici le principe fondamental : l'ap-

pareil est disposé de telle sorte que quand l'armature en fer doux touche, électro-aimant, le courant de la bobine primaire n'est pas interrompu, mais il est seulement considérablement affaibli et presque réduit à zéro ; comme le circuit de la bobine primaire n'est point rompu, il en résulte que l'extracourant qui se développe dans cette bobine retardera le coup d'induction de rupture ; celui-ci pourra par conséquent devenir égal au coup de fermeture. Dans la disposition de Helmholtz on réalise la fermeture secondaire du circuit en allongeant la vis de pression d'une quantité suffisante pour qu'elle soit touchée par le levier, quand l'armature adhère à l'électro-aimant ; en même temps on éloigne tout à fait la vis T du levier, et on la relie directement avec la colonne G par un fil conducteur épais.

Comme on le voit, l'appareil de Dubois Reymond remplit parfaitement toutes les conditions que l'on doit exiger, selon nous, d'un appareil destiné à l'usage médical. Nous croyons donc pouvoir nous dispenser de donner ici la description des autres appareils que l'on a proposés dans ce but.

J'ajouterai encore que l'on peut rendre l'appareil de Dubois-Reymond très-portatif ; il suffit pour cela de modifier les rainures dans lesquelles glisse la bobine et de les transformer en parois d'une boîte dans laquelle on renferme l'appareil et la pile.

Nous avons dit qu'il était nécessaire, quand on emploie l'électricité en médecine, de ne pas fermer

le circuit par l'application des électrodes sur le corps ; mais qu'il fallait effectuer cette fermeture par une disposition particulière, et seulement quand les électrodes sont déjà appliquées sur le corps dans la position voulue. Dans ce but la clef inventée par Dubois-Reymond est du meilleur emploi.

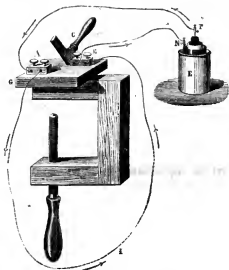


Fig. 7. — Levier-clef de Dubois-Reymond.

Une couche de caoutchouc noir sert de base à l'appareil, sur elle reposent les deux blocs métalliques A et B qui y sont fixés. Au bloc B est adapté un levier garni d'un manche d'ivoire C ; quand on abaisse ce levier, les deux blocs A et B sont mis en communication l'un avec l'autre ; relient A et B

avec les fils conducteurs d'une pile, nous n'aurons qu'à abaisser ou à relever le levier, pour faire passer ou pour interrompre le courant.

Mais si nous mettons A et B en communication, d'un côté avec les pôles d'une pile, et de l'autre avec des fils conducteurs reliés au corps de l'homme, aucun courant ne traversera celui-ci, quand la clef sera fermée, parce qu'elle formera une fermeture secondaire très-bonne conductrice; mais vient-on à rompre ce circuit secondaire, en ouvrant la clef, aussitôt le courant électrique traversera tout entier le corps de l'homme.

CHAPITRE II

ÉLECTROPHYSIOLOGIE.

§ I. — Historique.

Pour décrire l'état actuel de l'électrophysiologie, j'en tracerai un historique rapide en commençant par l'étude du courant nerveux et musculaire à l'état de repos.

Depuis longtemps on avait observé que les nerfs sont les conducteurs d'un fluide qui se transmet avec la rapidité de l'éclair : aussi avait-on assimilé ce fluide au fluide électrique et considéré les nerfs comme de simples conducteurs électriques.

Ch. Hausen (1743) émit le premier nettement cette opinion.

Après lui de Sauvages et de Haën regardèrent le principe nerveux comme un fluide électrique conduit par les nerfs.

Mais on savait déjà à cette époque que, lorsqu'on a sectionné un nerf, on ne parvient plus, même en réunissant intimement les deux bouts, à rétablir le courant nerveux. Ce fait connu, il n'était plus possible de considérer le nerf comme un simple conducteur.

Les expériences célèbres de Galvani vinrent éclaircir la nature des phénomènes qui se passent dans les nerfs.

L'expérience de Galvani qui a conduit cet observateur à la découverte du galvanisme date, comme on le sait, de 1786. Il avait attaché plusieurs grenouilles par la colonne vertébrale à l'aide de crochets métalliques et les avait suspendues à un balcon en fer ; chaque fois que les jambes arrivaient en contact avec la balustrade en fer du balcon, elles présentaient des contractions extrêmement vives. Galvani, interprétant mal son expérience, admit qu'il existait dans les nerfs un liquide qui s'écoulait jusqu'au muscle par l'intermédiaire du conducteur métallique et l'excitait.

Volta attaqua l'opinion de Galvani et admit que l'origine du fluide électrique qui excitait le muscle se trouvait dans les métaux mis en contact, et non pas dans les nerfs.

Pendant les discussions qui s'élevèrent entre ces deux observateurs, Galvani parvint à provoquer des contractions dans les muscles de ses grenouilles même sans employer la combinaison des deux métaux. De cette expérience date la démonstration de courants préexistants dans les nerfs et les muscles. Galvani démontra le fait en mettant une cuisse de grenouille préparée en contact avec la moelle ou un nerf.

Volta répondit que la contraction était due dans ce cas à une action mécanique sur le nerf.

Valli (1) détruisit cet argument en montrant qu'on peut également provoquer des contractions en approchant le muscle du nerf.

Alexandre de Humboldt se rangea bientôt à l'opinion de Galvani après avoir répété et confirmé les expériences de Valli. Les expériences personnelles de Humboldt démontraient d'une manière beaucoup plus nette encore l'existence d'une puissance électrique propre des nerfs ; il montra, en effet, que l'on peut provoquer des contractions des muscles de la cuisse de la grenouille, en mettant le nerf central en contact avec le muscle à l'aide d'une portion quelconque d'un nerf ou d'un tissu organique quelconque.

Humboldt répéta également les expériences d'Aldini avec le mercure. Pour se mettre à l'abri des objections faites par Volta aux expériences d'Aldini ; il se servit seulement de mercure purifié. Ces observations ne furent pas concluantes, car la méthode dont se servait Humboldt pour purifier le mercure n'était pas suffisante, et l'objection de Volta persistait toujours.

Au même moment, Galvani faisait des expériences identiques à celles de Humboldt en produisant des contractions musculaires par l'union du nerf et du muscle à l'aide d'un tissu organique quelconque. Les lettres de Galvani à Spallanzani, qui parurent à la même époque que le mémoire de Humboldt

(1) Valli, *Lettres sur l'électricité à Desgenet'es et de Lametrie*. Paris, 1762.

en 1797 (1), prouvaient bien que ces deux observateurs firent leurs recherches à la même époque.

Peu après Volta observa que l'on pouvait obtenir une excitation électrique par le simple contact de métaux hétérogènes; cette découverte semblait devoir renverser à nouveau toute la théorie de l'électricité animale.

Bien plus, Volta chercha à démontrer qu'il suffit que des conducteurs de seconde classe soient un peu hétérogènes pour que des courants électriques se produisent.

Aldini seul osa lutter encore en faveur de l'électricité animale (2), mais en fait d'expériences nouvelles, il ne publia que des erreurs, aussi ne parvint-il pas à rétablir les théories abandonnées sur l'électricité animale.

Jusqu'en 1827, époque à laquelle Nobili démontra l'action électro-magnétique du courant de la grenouille, la plupart des auteurs, Lot, Erman, Pfaff, von Bunsen, Johannes Müller et d'autres, se contentèrent de répéter les expériences de Galvani et de Humboldt en produisant des secousses sans l'aide de conducteurs métalliques.

En 1825, Nobili eut l'heureuse idée de se servir de son multiplicateur muni d'aiguilles astatiques pour démontrer l'existence d'un courant dans les préparations de Galvani.

(1) Humboldt, *Memorie sulla elettricità animale*. Bologna, 1797.

(2) Aldini, *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*. Paris, 1804.

De cette époque date une ère nouvelle dans l'étude de l'électricité animale.

Après bien des essais infructueux, il parvint enfin à obtenir une déviation de l'aiguille qui indiquait toujours l'existence d'un courant dirigé du muscle vers le nerf, et des pieds à la tête ; il désigna ce courant sous le nom de *courant de la grenouille*, « *la corrente propria della rana* ».

Voici les principaux faits établis par Nobili :

1) La déviation de l'aiguille du multiplicateur augmente avec le nombre des grenouilles ;

2) L'existence du courant ne dépend pas de la propriété qu'a la grenouille de produire des secousses ; en effet, l'aiguille peut rester déviée plusieurs heures après la cessation de cette propriété ;

Enfin 3) La plupart des grenouilles fraîchement préparées ne présentent de secousses que quand on ferme la chaîne ; exceptionnellement on observe des secousses, la chaîne restant ouverte, lorsque les grenouilles sont très-vigoureuses.

Nobili considérait le courant de la grenouille comme un courant thermo-électrique ; pour lui, le nerf formait l'élément positif et le muscle l'élément négatif de la chaîne. Il pensait que le courant était provoqué par le refroidissement plus rapide du nerf en comparaison du refroidissement du muscle.

De la Rive (1), Magendie et F. Capitaïne admirent pendant quelque temps cette opinion.

(1) De la Rive, *Traité d'électricité*. Paris, 1854-57.

Nous arrivons maintenant aux travaux de Matteucci (1) et de Dubois-Reymond.

Sans vouloir rien décider dans la discussion de priorité soulevée entre ces deux observateurs, je ne saurais cependant m'abstenir de dire deux mots à ce sujet.

Les travaux de Matteucci publiés jusqu'en 1840, ne renferment que des faits fort peu importants sur l'électrophysiologie, à l'exception toutefois des recherches suivantes. Matteucci démontra en effet, le premier, que le phénomène électro-moteur sur lequel repose le courant propre de la grenouille, ne dépend nullement d'un courant fermé en forme de cercle par le muscle et le nerf. Il prouva qu'il suffit de mettre en contact deux points de la grenouille, dont un seul doit être situé au niveau du tronc pour produire le courant. Les faits découverts par Matteucci renversent complètement les opinions de Nobili, qui considérait le muscle comme un élément positif, et le nerf comme un élément négatif, et toutes les hypothèses qui se rattachaient à cette manière de voir. Bien plus, les découvertes de Matteucci ôtent toute valeur à l'ancienne théorie du courant de la grenouille émise par Volta.

Quoi qu'il en soit, il restait un pas immense à faire pour parvenir de cette découverte à la démonstration du courant musculaire. Matteucci y parvint, néanmoins, mais seulement en l'année 1841 et 1842.

(1) Matteucci, *Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux*. Paris, 1844.

Il démontra, à cette époque, qu'il existe dans le muscle un courant dirigé du centre du muscle vers la périphérie.

Le travail de Dubois-Reymond qui démontre le même fait parut peu de temps après la communication de Matteucci, et quiconque voudra se donner la peine de lire ce travail, verra qu'il ne renferme nullement une répétition des recherches de Matteucci; en effet, les méthodes dont s'est servi Dubois-Reymond sont beaucoup plus parfaites, et son travail renferme déjà les premiers fondements des lois du courant musculaire. Les méthodes employées par Dubois-Reymond donnèrent une valeur vraiment scientifique à la découverte du courant musculaire.

Aussi, en admettant que Matteucci ait fait connaître le premier l'existence du courant musculaire et l'ait même constaté le premier, c'est toujours à Dubois-Reymond que revient l'honneur d'avoir démontré scientifiquement et rigoureusement l'existence du courant, et d'en avoir compris la véritable signification.

Dubois-Reymond a découvert et déterminé dans tous leurs détails les diverses lois qui président au courant musculaire et nerveux à l'état de repos. C'est lui qui a créé les méthodes vraiment scientifiques applicables à l'étude de l'électrophysiologie; en étudiant le premier les forces électrophysiologiques du nerf et du muscle excisés, il est devenu le véritable promoteur de tous les travaux qui ont surgi sur cette vaste question.

§ II. — Lois du courant musculaire et nerveux
à l'état de repos.

Étudions maintenant les principales lois du courant nerveux à l'état de repos, qui ont été posées par Dubois-Reymond. Remarquons en passant que toutes ces lois sont parfaitement applicables au courant musculaire.

Dubois-Reymond distinguait dans le cylindre nerveux, qui servait d'objet à ses expériences une coupe transversale (base du cylindre), une coupe longitudinale (enveloppe du cylindre), et, enfin, une ligne passant par le milieu de l'axe longitudinal du nerf, ou *équateur*.

Voyons quels sont les points du nerf qui, mis en contact, produisent des courants. Si l'on unit deux points du nerf symétriques à l'équateur, on n'obtient pas de courant, que ces points se trouvent sous le diamètre longitudinal ou transversal. Quand on met ces points en contact avec le multiplicateur on ne provoque aucune déviation de l'aiguille. Dubois-Reymond désigna cet arrangement spécial sous le nom de contact inactif. En réunissant l'équateur avec un point quelconque du diamètre longitudinal, on provoque une déviation de l'aiguille d'autant plus marquée que ce second point est plus rapproché de la coupe transversale. C'est là le contact faible. En réunissant l'équateur à la coupe transversale même, on obtient l'effet du maximum (contact fort). Le

courant est dirigé dans le multiplicateur de la coupe longitudinale à la coupe transversale, et dans le nerf, par conséquent, de la coupe transversale à la coupe longitudinale. La surface du nerf agit donc comme un élément positif vis-à-vis de la coupe transversale, et l'équateur ainsi que les parties qui l'environnent agissent comme des éléments positifs à l'égard des parties terminales du nerf.

Cette loi du courant nerveux est vraie pour toute portion de nerf indépendamment de sa longueur et de sa nature, c'est-à-dire qu'il soit moteur ou sensitif. Les courants nerveux ne sauraient donc être produits par des éléments anatomiques ; ils ont leur source dans des molécules électriques suspendues dans le liquide nerveux.

Après avoir exposé l'étude de l'irritation nerveuse, nous reviendrons sur la théorie du courant nerveux. Nous donnons ici une figure schématique qui indique la direction des courants dans le tronc nerveux (fig. 8).

Comme nous l'avons dit déjà, les lois du courant musculaire sont les mêmes que celles du courant nerveux. Dans le muscle, toute partie de la coupe transversale agit comme élément négatif vis-à-vis des parties de la coupe longitudinale, et toute partie de la coupe longitudinale éloignée de l'équateur agit comme élément négatif à l'égard des parties rapprochées de l'équateur. Ajoutons que le tendon du muscle, qui forme la base du cylindre musculaire, sert de diamètre transversal naturel et joue le rôle

électromoteur d'un diamètre artificiel. Les lois du courant musculaire ont été constatées par Dubois-Reymond sur une série d'animaux appartenant aux quatre grandes classes zoologiques.

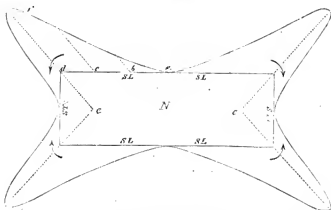


Fig. 8. — Schéma montrant la direction des courants dans le tronc nerveux.

§ III. — Historique de l'étude de l'excitation des nerfs et des muscles.

On savait déjà, avant Galvani, que la neutralisation subite de deux électricités de nature contraire dans le nerf ou dans le muscle, provoquait une contraction musculaire qui excite notre sensorium. Mais les expériences de Galvani démontrèrent pour la première fois que le muscle et le nerf sont excités par un changement subit dans l'intensité du fluide électrique. Volta démontra que l'intensité de la contrac-

tion musculaire dépend, nonseulement de la rapidité avec laquelle le courant traverse le nerf, mais aussi de la direction du courant, fait très-important à noter.

Volta fit ces observations remarquables en cherchant à réfuter les opinions de Galvani, qui voulait assimiler sa grenouille à une bouteille de Leyde. La partie extérieure, c'est-à-dire le muscle, aurait agi positivement, la partie interne, représentée par le nerf, aurait agi négativement. Volta remarqua qu'en fermant le courant d'une bouteille de Leyde dirigé sur un nerf, on provoque des phénomènes beaucoup plus intenses quand le courant suit une direction descendante du nerf, que lorsqu'il le remonte.

Pfaff a confirmé les observations de Volta et a démontré en outre, qu'en ouvrant le courant, on provoque aussi des contractions ; il a vu, de plus, qu'en ouvrant le courant, la direction du courant avait sur l'intensité de la contraction une influence contraire à celle que l'on produit en le fermant. Pfaff remarqua en effet qu'en ouvrant le courant ascendant, on provoquait une secousse beaucoup plus intense qu'en ouvrant le courant descendant. Volta étudia cette opposition dans l'action des courants dirigés en sens contraires sur les nerfs isolés de leurs muscles ; les expériences acquirent ainsi une précision beaucoup plus grande. Galvani a découvert la différence d'action qui existe, quand on ouvre ou ferme le courant sans avoir connaissance des travaux de Pfaff, bien que son travail soit postérieur à celui de ce dernier auteur.

Ritter fit une série d'expériences sur le même sujet ; il étudia les nerfs pendant les différentes phases de leur excitabilité. Il a formulé une loi qui résume les résultats qu'il a obtenus en étudiant l'action des courants ascendants et descendants au moment où on les ferme ou au moment où on les ouvre. Nous n'insistons point sur ces détails qui ont perdu aujourd'hui de leur valeur et qui ne feraient qu'apporter de la confusion dans les lois que nous aurons à poser plus tard. Nous préférons réunir en quelques mots les résultats les plus saillants obtenus par cet auteur. Ritter a fait une série d'expériences sur lui-même et a montré que l'on observe la même différence de réaction au moment de l'ouverture et de la fermeture des courants ascendants et descendants pour tous les nerfs des sens. Il a montré, en outre, que les courants qui traversent un nerf pendant un temps assez long produisent une action spéciale sur l'excitabilité de ce nerf. Il croyait avoir démontré qu'un courant descendant diminue l'irritabilité du nerf, tandis qu'un courant descendant l'augmente. Mais Volta fit bientôt voir qu'en fermant le courant pendant un temps assez long, on diminuait l'excitabilité du nerf à l'égard des courants dirigés dans le même sens, et qu'on l'augmentait au contraire à l'égard des courants dirigés en sens contraire.

Cette loi d'alternance établie par Volta fut confirmée par des expériences que Ritter fit sur lui-même. Il remarqua en même temps, avec Valli, que les troubles de l'excitabilité d'un nerf détaché du

corps, sont intimement liés à la destruction de ce nerf qui procède du centre à la périphérie.

Les travaux de Volta et de Ritter ont une importance considérable en électrothérapie. Nous allons donc résumer toutes les recherches qui ont été faites sur ce sujet jusqu'à Nobili.

Voici les lois qui étaient admises jusqu'alors :

1° L'excitation du nerf se produit quand on ferme ou qu'on ouvre le courant, mais jamais lorsque la chaîne est fermée ; cependant on observe des phénomènes d'excitabilité particuliers aux nerfs des sens pendant que le courant est fermé.

2° En fermant le courant on provoque généralement une excitation beaucoup plus grande qu'en l'ouvrant.

3° La direction du courant a une influence considérable sur l'excitation du nerf ; quand on ferme un courant descendant on provoque une excitation plus intense qu'en fermant le courant ascendant ; de plus en ouvrant le courant ascendant on obtient une excitation plus forte qu'en ouvrant le courant descendant. Ces lois sont applicables aux nerfs moteurs, seulement ; on comprend facilement qu'elles sont inverses pour les nerfs sensitifs.

4° La loi précédente se trouve sous la dépendance de l'état d'excitabilité du nerf, et peut être complètement renversée dans certains cas.

5° Quand un nerf est parcouru par un courant, il devient insensible aux courants dirigés dans le

même sens ; mais il reste sensible à l'action des courants dirigés en sens opposé.

Les quatre premières lois s'appliquent à l'influence des courants qui traversent un nerf. La cinquième loi se rapporte aux modifications ultérieures que le courant a fait subir à l'excitabilité du nerf. Ces actions sont tout à fait différentes, et doivent être nettement séparées l'une de l'autre.

Étudions d'abord les altérations que subit un nerf traversé par un courant. Les expériences de Marianini et de Peltier ont confirmé les lois qui avaient été posées avant eux. Le seul fait nouveau a été découvert par Nobili ; cet expérimentateur remarqua, qu'en faisant passer un courant dans une direction donnée à travers les membres d'une grenouille plongée par une cause quelconque dans la rigidité tétanique, on fait immédiatement cesser l'état tétanique des muscles. Nobili fait observer que cette action du courant électrique peut se produire avec l'une et l'autre direction du courant (1). Il pensait que le nerf, traversé par le courant, devenait impuissant à produire et à transmettre les secousses tétaniques.

Les recherches de Matteucci se rattachent d'une façon immédiate à celles de Nobili ; cet observateur a fait une série d'expériences et croit avoir démontré que le courant ascendant a seul le pouvoir de faire cesser le tétanos qui serait au contraire exalté sous l'influence du courant descendant. Matteucci parvint à guérir un cas de tétanos chez l'homme en faisant

(1) Nobili, *Annales de chimie et de physique*, 1830, mai, p. 30.

agir le long de la colonne vertébrale le courant d'une pile de 30 à 40 éléments. Cette guérison n'eut, il est vrai, qu'un résultat passager (1). Plus tard Matteucci revint sur la première opinion qu'il avait émise, et admit que les deux courants ont la propriété de suspendre le tétanos.

C'est Valentin qui prouva le premier que c'est par les nerfs et non par les muscles que s'effectue la suspension du tétanos produite par le courant. L'expérience par laquelle il le démontra était disposée de la manière suivante : il plaça un nerf sciatique entre les électrodes d'une pile, électrodes assez rapprochées pour ne comprendre entre elles qu'une petite étendue du nerf pris à la hauteur du genou ; puis par un second courant il excita le nerf tout près de sa sortie du bassin. Il observa qu'il se produit dans ce cas une commotion, quand le circuit inférieur est rompu ; mais que celle-ci disparaît aussitôt ou s'affaiblit au moins, quand on vient à fermer ce circuit. Ainsi dans cette expérience la partie inférieure du nerf traversée par le courant, avait neutralisé l'action excitante du courant supérieur ; mais aussitôt le courant inférieur interrompu, on avait vu reparaître les commotions par l'excitation qu'opérait le courant supérieur. Il ressort de l'explication que Valentin joignit à la description de son expérience, qu'il reconnut parfaitement l'action paralysante du courant constant (2).

(1) Matteucci, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1833, t. II.

(2) Valentin, *Lehrbuch der Physiologie*, vol. II, 2^e partie.

Par des essais spéciaux dirigés dans le même sens, Eckhard trouva que l'excitation mécanique ou chimique d'un nerf devient également inefficace, quand, entre la partie excitée et le muscle, une certaine étendue du nerf est traversée par un courant constant. Il ajouta en outre que le courant ascendant a une puissance paralysante bien plus grande que le courant descendant. Au contraire en excitant le nerf entre le muscle et la partie du nerf traversée par le courant polarisé, l'irritabilité nerveuse serait, d'après lui, augmentée, quand le courant est descendant, et diminuée, quand il est ascendant.

§ IV. — État actuel de la science de d'électrotonus.

4 Du Bois-Reymond montra qu'un nerf traversé dans sa longueur par un courant électrique, acquiert dans toute son étendue des qualités électro-motrices nouvelles ; il donna à cet état des nerfs le nom d'état électrotonique. Il trouva de plus que si le courant électrique est dirigé dans le même sens que le courant qui préexistait dans le nerf, ce dernier se trouve renforcé par le premier, phase positive de l'électrotonus ; si au contraire le courant électrique est opposé à celui du nerf, l'intensité de celui-ci diminue, phase négative de l'électrotonus. L'état électrotonique dure aussi longtemps que le courant passe ou jusqu'à ce que le nerf dépérisse. On démontre facilement le courant existant dans le nerf en repos au moyen de l'arrière-train de la grenouille qui sert à

reconnaître les courants ; le même moyen peut être employé pour constater l'état électrotonique du nerf. Il n'y a pour cela qu'à prendre un nerf en état électrotonique et à en placer une partie quelconque sur le nerf de l'arrière-train de la grenouille (rhéoscope physiologique), pour voir celui-ci entrer en commotion ; cette commotion est produite par les oscillations de courant qui ont elles-mêmes pour cause le passage et l'interruption alternatifs du courant polarisateur (commotion secondaire, commotion paradoxale). Du Bois-Reymond montra encore que l'état électrotonique est influencé et par la densité du courant polarisateur (c'est-à-dire la force de ce courant divisée par la section transversale), et par la longueur de la partie que traverse le courant, et par la distance de la partie polarisée à la partie excitée. Il établit les analogies qui existent d'un côté entre l'état du nerf au moment de son entrée dans l'électrotonus, et l'état d'irritation auquel donne lieu, quand il commence, le courant polarisateur et irritant ; de l'autre côté entre l'état du nerf à sa sortie de l'électrotonus, et la commotion, la douleur produites par le même courant quand il finit. Du Bois-Reymond prouva que les nerfs éprouvent une irritation à leur entrée dans l'état électrotonique et à leur sortie de cet état ; il montra enfin que la partie électrotonisée du nerf empêche la propagation de tout électrotonus auquel on donne naissance plus haut, de même qu'elle avait arrêté l'excitation dans les expériences de Valentin et d'Eckhard.

Malgré les nombreux faits que nous relatons ici, la science de l'électrotonus était encore remplie des plus grandes contradictions et offrait les plus grandes lacunes ; ce ne fut qu'Édouard Pfluger qui réussit à résoudre ces difficultés, à combler ces vides et à transformer la science de l'électrotonus en un ensemble harmonieux.

Nous ne pouvons rapporter ici que les résultats principaux de ses nombreuses et savantes investigations, résultats qui ont conservé jusqu'à présent toute leur valeur dans l'électrophysiologie.

- 2 Tout courant constant, traversant un nerf dans une longueur déterminée, divise celui-ci en deux parties qui sont distinctes au point de vue physiologique et qui se réunissent et se confondent en un point où le nerf n'éprouve aucune modification. L'une des parties d'un nerf ainsi polarisé éprouve une modification qui augmente son irritabilité, dans l'autre celle-ci est au contraire diminuée. De ces deux zones l'une, la première, se trouve dans le voisinage du pôle négatif, la seconde est dans le voisinage du pôle positif. Pfluger désigna la zone où l'irritabilité est augmentée et qui est située du côté du pôle négatif, sous le nom de *zone katélectrotonique* ; et celle où l'irritabilité est diminuée et qui se trouve du côté du pôle positif, sous celui de *zone anélectrotonique*. Ces deux états se continuent de l'endroit situé entre les deux pôles et nommé région intrapolaire, vers la région extrapolaire placée en dehors de la première. A l'endroit de la région

intrapolaire où la zone dont l'irritabilité est augmentée rencontre celle dont l'irritabilité est diminuée, se trouve un point où cette irritabilité n'éprouve aucun changement, c'est le point indifférent. L'irritabilité de la région du nerf que l'on veut éprouver va en diminuant d'une manière de plus en plus accentuée, à mesure que cette région se rapproche du point d'application des électrodes polarisatrices, et à mesure que l'intensité du courant augmente. Si on fait passer plus longtemps le courant polarisateur, et si l'on augmente en même temps l'intensité de ce courant, le point indifférent s'éloigne de plus en plus du pôle positif pour se rapprocher du pôle négatif. Ainsi donc, dans la région intrapolaire, la zone où il y a augmentation d'irritabilité l'emporte de beaucoup au commencement sur celle où il y a diminution ; mais, à mesure que l'intensité et la durée du courant grandissent, la zone où il y a diminution d'irritabilité gagne de plus en plus en étendue, tandis que celle où il y a augmentation de cette irritabilité diminue en proportion ; et, quand la durée ou l'intensité du courant aura atteint un certain degré, la zone de l'irritabilité augmentée sera réduite à une étendue très-peu considérable dans le voisinage du pôle négatif.

Pflüger montra de plus que ce n'est pas seulement l'irritabilité du nerf électrotonique qui se trouve changée, mais que le courant polarisateur modifie également la faculté que possède ce nerf de transmettre l'irritation. Cette modification consiste

en ceci : la partie du nerf dont l'irritabilité est diminuée, oppose une plus grande résistance à la transmission de l'irritation, résistance qui augmente encore avec la durée et l'intensité du courant polarisateur.

Dans la région katélectrotonique, l'irritabilité et la faculté de transmission sont diminuées après interruption du courant.

C'est en prenant ces faits pour point de départ que Pfluger passa ensuite à l'étude des lois de la commotion dans le nerf frais ; il chercha l'influence exercée par l'intensité du courant sur le phénomène de l'apparition des commotions en prenant et des courants ascendants, et des courants descendants, soit au moment où ils commencent, soit au moment où ils finissent.

La loi qu'il trouva se formule de la manière suivante :

INTENSITÉ DU COURANT.	COURANT ASCENDANT.		COURANT DESCENDANT.	
Fort.....	F' — R	O — C	F — C	O — R
Moyenne.....	F — C	O — C	F — C	O — C
Faible.....	F — C	O — R	F — C	O — R
† F, fermeture du courant ; O, ouverture ; R, repos du muscle ; C, contraction.				

En prenant donc des courants d'une intensité de

plus en plus considérable, Pfluger range les commotions qu'ils produisent ainsi qu'il suit :

1° Commotion produite par le courant ascendant qui commence ;

2° Commotion produite par le courant descendant qui commence ;

3° Commotion produite par le courant descendant qui finit ;

4° Commotion produite par le courant ascendant qui finit.

La loi de Pfluger sur les commotions peut, en d'autres termes, être formulée de la manière suivante :

Étant donnée une certaine étendue d'un nerf, celle-ci est irritée par l'apparition du katélectrotonus ou la disparition de l'anélectrotonus ; mais elle ne l'est point par la disparition du katélectrotonus ou l'apparition de l'anélectrotonus.

La cause de cette loi est facile à comprendre si l'on réfléchit qu'à l'apparition du katélectrotonus et à la disparition de l'anélectrotonus, les molécules nerveuses passent d'un état de mobilité moindre à un état de mobilité plus grande, tandis qu'à la disparition du katélectrotonus et à l'apparition de l'anélectrotonus, c'est l'inverse qui a lieu. La loi des commotions de Pfluger peut donc être reproduite de la manière suivante : le nerf est irrité, quand ses molécules passent de l'état ordinaire à l'état de mobilité plus grande (katélectrotonus), ou quand elles passent de l'état de mobilité moindre (anélectrotonus) à l'état

ordinaire ; le nerf n'éprouve au contraire aucune irritation soit par son passage de l'état ordinaire à l'état de mobilité moindre (anélectrotonus), soit par son passage de l'état de mobilité plus grande (katélectrotonus) à l'état ordinaire.

En considérant de plus près cette explication de la loi de Pfluger, on comprend facilement pourquoi l'irritation a lieu exclusivement dans le voisinage du pôle négatif, quand le courant commence, et pourquoi, quand le courant finit, elle ne se fait que près du pôle positif. Si l'on rapproche, en outre, cette explication de la loi de Pfluger de ce que nous avons dit plus haut sur les modifications qu'éprouve la région électrotonisée (quant à sa faculté de transmission, au moment où l'intensité du courant augmente), on s'expliquera facilement pourquoi, quand l'intensité du courant augmente, le nerf se comporte d'une manière différente, suivant que ce courant est ascendant ou descendant. Ainsi on comprend par exemple qu'avec un courant ascendant faible l'irritation du nerf ait lieu au moment de la fermeture du circuit ; mais qu'il en soit autrement quand ce courant a acquis une certaine intensité ; en effet l'irritation, qui se produit dans la cathode au moment où l'on ferme le circuit, est obligée, pour arriver au muscle, de traverser la région auélectrotonique ; et, si la résistance que celle-ci offre à la transmission se trouve considérablement grandie par l'augmentation de l'intensité du courant, il arrivera un point où

l'irritation ne sera plus capable de triompher de cet obstacle ; par conséquent si l'on prend des courants ascendants d'une intensité considérable, au moment où ils commencent, on n'obtiendra point de commotion, parce que la région anélectrotonisée empêche la commotion d'arriver jusqu'au muscle.

On expliquerait d'une manière analogue les autres parties de la loi de Pfluger, mais je préfère ne pas le faire ici, pour donner au lecteur l'occasion d'approfondir lui-même cette loi. Le médecin ne sera en effet en pleine possession de la science de l'électrotonus, que quand, muni des faits que je viens de rapporter ici, il pourra en donner lui-même toutes les explications nécessaires.

Cette science de l'électrotonus est de la dernière importance pour tous ceux qui s'occupent de l'application de l'électricité à la thérapeutique, d'autant plus qu'il a été prouvé par des expériences que les principales lois de cette science conservent leur validité pour l'homme vivant. Nous allons, pour finir, fournir encore quelques confirmations de la loi de Pfluger, preuves que l'on doit tant à Pfluger lui-même, qu'à Bezold, à Chauveau et à d'autres.

Antérieurement déjà Ritter avait fait l'expérience suivante : un nerf sciatique est traversé pendant quelque temps et dans une étendue assez considérable par un courant constant ; vient-on à rompre le circuit, on observe que le courant, qui finit, donne lieu dans les muscles non pas à une commotion, mais à un tétanos ; c'est ce qu'on appelle le tétanos

de Ritter. Si la théorie de Pfluger sur l'excitation est vraie, c'est-à-dire si la commotion ou le tétanos produit par la rupture du circuit, prennent naissance dans la région de l'électrotonus, ce tétanos doit disparaître aussitôt que l'on vient à faire brusquement la section du nerf entre les deux électrodes; car dans ce cas on sépare du muscle la région de l'anélectrotonus. Si au contraire le courant est ascendant, la section pratiquée entre les deux électrodes ne pourra suspendre le tétanos, parce qu'alors la zone anélectrotonique reste en communication avec le muscle.

Pfluger prouva que ceci a lieu en effet.

Chauveau fournit une preuve analogue de l'exactitude de la théorie de Pfluger. Il fit passer par un nerf un courant faible et ascendant, mais il serra d'abord ce nerf avec des pinces dans la région intrapolaire, sans en détruire toutefois la continuité. Il n'y eut pas cette fois de commotion par le passage du courant, mais il y en eut, comme d'ordinaire, par son interruption. La cause est tout simplement celle-ci; quand le courant commence, la région du nerf où doit avoir lieu l'irritation, est située au-dessus de celle qui est serrée et qui, par conséquent, est incapable de transmettre l'irritation, tandis que le courant qui finit fait naître une irritation dans la partie du nerf inférieure à la région que l'on tient serrée.

La preuve fournie par Bezold pour la confirmation de la loi de Pfluger est tout aussi intéressante.

S'il est vrai que le courant qui commence fait naître l'irritation dans la cathode, et celui qui finit dans l'anode, il en résultera que l'irritation du courant ascendant qui commence et celle du courant descendant qui finit, doivent parcourir un chemin plus long pour arriver au muscle, que les irritations produites par le courant descendant qui commence et le courant ascendant qui finit ; en effet, dans l'un de ces cas c'est la cathode, dans l'autre l'anode qui se trouve la plus éloignée du muscle. Par conséquent le temps qui s'écoule entre l'excitation et la production de la commotion, doit être plus long dans les deux premiers cas que dans les deux derniers, et Bezold a prouvé en effet que ceci avait lieu en employant la méthode de Helmholtz pour mesurer le laps de temps qui sépare ces deux phénomènes.

§ V. — Excitation des nerfs pendant le passage des courants constants.

Nous avons rapporté plus haut la loi formulée par Du Bois-Reymond sur l'irritation des nerfs, loi d'après laquelle le nerf n'est pas irrité par le courant quand celui-ci est dans son intensité constante, mais l'est seulement par les variations que cette intensité éprouve d'un moment à l'autre. Lorsque Du Bois-Reymond établit cette loi, elle ne suffisait déjà plus pour expliquer tous les phénomènes d'irritation qui se passent dans un nerf traversé par un courant constant. Les essais que fit Ritter sur l'effet que les

courants constants produisent sur les nerfs sensitifs, avaient montré en effet que ces nerfs sont irrités même pendant le passage des courants constants, quoique l'irritation soit bien plus énergique aux moments de la fermeture et de la rupture du circuit.

Il devint encore plus difficile de maintenir la loi de Du Bois-Reymond, quand on s'aperçut que les nerfs moteurs aussi peuvent dans certains cas éprouver une irritation pendant le passage d'un courant constant, et que cette irritation est tellement énergique qu'un violent tétanos s'empare des muscles. Du Bois-Reymond voulut expliquer par l'électrolyse ces phénomènes qu'il disait tout à fait indépendants des lois sur l'irritation.

Cette question aussi a été éclairée, par Pfluger, d'une nouvelle lumière; il montra que ce ne sont que les courants très-faibles qui peuvent, pendant leur passage, tétaniser le nerf; des courants intenses au contraire n'ont pas sur le nerf cette action tétanisante. Après une discussion minutieuse de tous les phénomènes, Pfluger parvint à établir une loi bien plus générale sur l'irritation des nerfs, loi qui explique aussi les phénomènes dont nous venons de parler. Cette loi, la voici :

Il y a irritation du nerf, aussitôt que des forces extérieures quelconques viennent changer avec une certaine rapidité sa constitution moléculaire intérieure; un état statique des nerfs n'est jamais accompagné d'irritation.

Pfluger montre que, pendant le passage du cou-

rant, le nerf est constamment soumis à l'électrolyse; ses molécules subissent donc un mouvement continu. Ce mouvement des molécules que détermine l'électrolyse fait sortir celles-ci de leur état statique et amène l'excitation tétanique pendant le passage du courant. Ce ne sont que les courants faibles qui produisent l'irritation tétanique, les courants forts ne la produisent point; Pfluger explique cette circonstance par l'agrandissement de la zone anélectrotonique dont nous avons parlé plus haut et qui s'effectue à mesure que l'intensité du courant devient plus forte. Les courants faibles agissent donc sur une zone dont l'irritabilité est augmentée, les courants intenses au contraire sur une zone dont l'irritabilité est diminuée.

§ VI. — Effets consécutifs du courant constant sur l'irritabilité des nerfs.

Après avoir exposé les lois sur l'irritation et sur les variations d'irritabilité du nerf, quand il est soumis à l'influence d'un courant constant, nous allons passer à des considérations sur les effets consécutifs que les courants constants produisent sur l'irritabilité.

Ritter donna naissance à cette partie de la science en observant l'apparition d'une commotion musculaire au moment où l'on interrompt le courant. Ritter expliqua cette commotion par le retour du nerf à son état normal. D'après Pfluger elle tient, nous l'avons vu plus haut, à la disparition de l'anélectro-

tonus. Le passage du courant a-t-il eu lieu pendant un temps plus long, ce n'est plus une commotion, c'est un tétanos qui se produira dans les muscles reliés au nerf. Quant à l'influence des directions du courant, les données de Ritter sur l'effet exaltant de l'une des directions et sur l'effet déprimant de l'autre, ne furent pas confirmées par les observateurs ultérieurs.

Rosenthal montra que, contrairement à ce qu'avait dit Ritter, ce n'est pas seulement le courant ascendant, qui peut, lorsqu'on l'interrompt, produire le tétanos, mais que cette propriété appartient aux deux directions du courant, et se montre seulement moins constante pour la direction descendante. Pflüger donne de cette inconstance l'explication suivante : avec les courants ascendants d'une certaine intensité, immédiatement après leur interruption, il se produirait une forte dépression de l'irritabilité et de la conductibilité dans la partie katélectrotonisée ; cette dépression affaiblirait ou détruirait même totalement l'excitation qui part de la zone anélectrotonisée au moment de la rupture du circuit.

On a beaucoup modifié dans ces derniers temps la loi des changements alternatifs, connue sous le nom d'alternative de Volta, loi d'après laquelle le passage d'un courant dans une certaine direction diminuerait l'irritabilité du nerf pour les courants de même direction et l'augmenterait pour ceux de sens contraire. Par une série d'expériences intéressantes

Rosenthal a démontré l'inexactitude de la loi de Volta, et il l'a remplacée par la suivante :

Tout courant constant qui traverse pendant un certain temps un nerf moteur, fait éprouver à celui-ci la modification suivante : augmentation d'irritabilité au moment où l'on interrompt le courant qui agit et au moment où l'on fait naître un courant de sens contraire ; au contraire, diminution d'irritabilité au moment où l'on fait naître un courant de même sens que le premier et au moment où l'on interrompt un courant de sens contraire. Pflüger montra que cette loi de Rosenthal n'avait toute sa valeur qu'en considérant des courants faibles ou d'une intensité moyenne ; si l'on considère au contraire des courants d'une intensité considérable, le tétanos qu'ils produisent au moment de leur rupture est modifié de la manière suivante : il est affaibli par les courants qui commencent, renforcé par les courants qui finissent, que ces courants soient dirigés d'ailleurs dans l'un ou l'autre sens. Rosenthal observa que cette loi a aussi sa pleine valeur pour les nerfs sensitifs.

Nous avons considéré les effets consécutifs que produit dans le nerf le passage des courants constants ; mais jusqu'à présent nous ne nous sommes occupés de ces effets qu'en tant qu'ils concernaient les mouvements moléculaires que l'on amène aussitôt après la rupture du circuit. Dirigeons maintenant notre attention sur certaines modifications du nerf qui ont lieu après que le courant a été interrompu

pendant quelque temps; elles ne sautent pas aux yeux par elles-mêmes, on peut cependant les rendre manifestes en examinant directement l'irritabilité du nerf que l'on a modifié. Pfluger étudia le premier les lois qui régissent, dans le nerf polarisé, le retour à l'état naturel des zones extra-polaires et intra-polaires. Désignons sous le nom de modification positive l'état d'irritabilité plus grande, et celui où il est moindre sous le nom de modification négative; nous pourrons alors exprimer les lois déduites par Pfluger de la manière suivante :

Le katélectrotonus, qu'il soit ascendant ou descendant, éprouve d'abord, après la rupture du courant, une modification négative et de peu de durée, puis une modification positive et persistante qui cède enfin peu à peu la place à l'état naturel. L'anélectrotonus extra-polaire, qu'il soit ascendant ou descendant, éprouve directement une modification positive d'autant plus forte et plus persistante que le courant polarisateur était plus intense. Quant à la région intra-polaire, on sait seulement qu'elle entre dans une modification positive, forte et persistante, par la rupture d'un courant dont le passage n'a duré que peu de temps. Le courant dure-t-il au contraire longtemps, son interruption amène une modification négative qui peut être est la conséquence de l'électrolyse.

**§ VII. — Rapport entre l'irritation des nerfs
et l'intensité de l'excitation.**

Il était du plus haut intérêt, surtout au point de vue de l'application des excitateurs électriques à l'irritation des nerfs, de connaître les différents degrés d'irritation qui correspondent à des excitations de plus en plus fortes : c'est à Fick que nous devons les principales solutions de cette question. Il employait pour mesurer le degré d'irritation des nerfs, le travail exécuté par le muscle en communication avec ce nerf. Par les résultats auxquels il arriva, Fick montra qu'il était parfaitement fondé en employant le travail musculaire pour mesurer le degré d'irritation du nerf. Il y a en effet une relation tellement simple entre le travail musculaire et l'intensité de l'excitation, que les relations intermédiaires, entre le degré d'irritation et la force excitante d'un côté, et entre le travail musculaire et le degré d'irritation du nerf de l'autre, ne sauraient être plus compliquées. Les résultats qu'il obtint se trouvent résumés dans les lois suivantes :

La force excitante, le degré d'irritation et le travail musculaire sont dans une telle dépendance mutuelle, que l'agrandissement d'un des trois entraîne forcément celui des deux autres.

Le degré d'irritation d'un nerf croît donc proportionnellement à la force excitante.

Des recherches que Fick entreprit sur les relations qui existent entre le degré d'irritation et le temps

pendant lequel passe le courant excitant, il ressort que, quand la durée du courant augmente, l'irritation grandit, non pas d'une manière uniforme, mais par saccades, et qu'à des valeurs finales de la durée du courant correspondent des degrés d'irritation déterminés. Fick fit voir, en outre, qu'en renforçant continuellement l'intensité du courant, on amène l'irritation nerveuse à une hauteur maximum, mais qu'on peut cependant, en prolongeant la durée de l'excitation, dépasser cette limite et provoquer une irritation plus forte encore que le maximum. Suivant Fick et Meyer cette irritation ou cette commotion supra-maxima résulte d'une disposition particulière des forces de tension du nerf; Lamanski la donne au contraire comme conséquence de l'accumulation d'agents excitateurs dans le nerf. En parlant plus loin des expériences que nous avons faites nous-mêmes sur l'homme vivant, nous reviendrons sur cette controverse.

§ VIII. — Théorie des courants nerveux et musculaire.

Pour expliquer la loi sur le courant nerveux à l'état de repos, Du Bois-Reymond admit qu'il existe et dans le nerf et dans le muscle des éléments électromoteurs (molécules) régulièrement disposés. On peut se figurer ces éléments sous forme de cylindres dont l'axe serait parallèle à celui du nerf ou du muscle : leur section transversale est chargée d'électricité négative, leur surface courbe d'électricité positive. Tous ces cylindres flotteraient, d'après

l'hypothèse de Du Bois-Reymond, au milieu d'un fluide indifférent et conducteur. (Par une expérience directe dans les détails de laquelle nous ne pouvons entrer ici, il a été prouvé que l'enveloppe extérieure n'est électropositive ni dans le nerf, ni dans le muscle.) Dans un pareil système les électricités de même nom, considérées dans deux surfaces moléculaires qui sont en regard l'une de l'autre, doivent se neutraliser mutuellement, de sorte que les surfaces des sections transversales et longitudinales peuvent seules laisser agir leurs électricités soit positives, soit négatives.

Le nerf vivant se compose donc, d'après Du Bois, d'un nombre infini de molécules électromotrices ayant une constitution péropolaire positive, c'est-à-dire que chacun de ces éléments possède une zone équatoriale positive et deux zones polaires négatives. Pour expliquer l'apparition de l'électrotonus, il est nécessaire d'admettre que chaque élément péripolaire se compose de deux molécules dipolaires; dans ce système les 2 pôles en regard sont de même nom, ce sont les pôles positifs.



Fig. 9. — Molécules électromotrices.

Comme les molécules sont enveloppées de toutes parts d'un fluide conducteur et inefficace, le cou-

rant nerveux ou musculaire se trouve fermé sur lui-même. Par conséquent les courants que nous obtenons en fermant le circuit avec des corps étrangers bons conducteurs, par exemple avec des multiplicateurs, ne sont que secondaires et ne peuvent nous donner aucune indication concluant sur l'intensité du courant principal. Nerfs et muscles sont, dans le corps, enveloppés de toutes parts de corps conducteurs et humides; les courants nerveux musculaires s'y font donc partout équilibre. Dans les grenouilles on peut facilement démontrer l'existence de ces courants par l'application d'un arc bon conducteur (Nobili).

Par le schema de la disposition moléculaire dont nous avons parlé plus haut, on peut comprendre facilement la dérivation des courants des sections transversales et longitudinales (disposition forte). Dans la disposition faible il est plus difficile de comprendre cette dérivation; il est aussi plus difficile d'expliquer la cause de la disposition inefficace. Pour y arriver, il est nécessaire d'admettre l'existence d'un conducteur inefficace qui enveloppe complètement les molécules. On peut démontrer alors (Helmholtz) que les électricités n'ont pas des tensions égales en tous les points des sections transversale et longitudinale, que ces tensions ont leur force maximum au milieu des sections et qu'elles décroissent vers les extrémités. On obtient la disposition faible en reliant entre eux deux points dont les tensions sont de même nom, mais d'intensité différente; on ar-

rive à la disposition inefficace en joignant deux points dont les tensions sont égales et de même nom. La couche enveloppante inefficace est déterminée dans la section longitudinale par le périnée et le périnée, ainsi que par la surface extérieure qui a été affaiblie par sa dénudation ; cette même couche est déterminée dans la section transversale par le tendon et par le dépérissement du plan de la section.

On ne peut donner qu'une explication très-compiquée et remplie de difficultés de la science de l'électrotonus, en prenant pour base l'hypothèse moléculaire de Du Bois ; je renonce donc à donner ici cette explication, d'autant plus qu'elle serait beaucoup trop compliquée pour contribuer à faire comprendre plus nettement les phénomènes électrotoniques. Mais d'un autre côté nous sommes obligés de prendre encore en considération un phénomène du courant nerveux et musculaire, qui est d'une grande importance pour la théorie des phénomènes électriques observés dans les tissus animaux. Je veux parler de l'oscillation négative du courant.

§ IX. — Oscillation négative du courant.

Supposons que par un moyen d'irritation quelconque on amène le nerf dans un état qui pourrait provoquer l'accomplissement d'un acte physiologique tel que sensation, mouvement ou sécrétion (si le nerf se trouvait encore dans ses rapports normaux), dans ce cas on verrait diminuer la déviation que le

courant nerveux à l'état de repos produit sur l'aiguille du multiplicateur. L'irritation du nerf est donc accompagnée d'une vibration moléculaire qui amène ce mouvement de recul de l'aiguille. Du Bois-Reymond donna à cette vibration moléculaire le nom d'oscillation négative du courant.

La grandeur de cette oscillation est en raison directe : 1° de l'énergie de l'irritation, 2° de l'intensité du courant nerveux originairement dévié, 3° de la distance entre le point du nerf où se fait l'irritation et celui où a lieu la déviation.

Dans ces derniers temps J. Bernstein a publié une série d'essais intéressants sur la nature et la durée de l'oscillation négative du courant. Quelle qu'en soit l'importance pour la théorie du courant nerveux, nous ne pouvons cependant mentionner ici de ce travail que quelques résultats principaux. Tous les essais de Bernstein conduisent à cette conclusion : les phénomènes électriques dans le nerf et dans le muscle doivent être considérés comme des mouvements ondulatoires. En considérant dans un seul élément nerveux chaque onde d'excitation, Bernstein évalue sa longueur à 15 millimètres et la durée de son oscillation de 0,0005 à 0,0006 de seconde. Pour un élément musculaire il estime la durée de l'oscillation négative (ou de l'excitation) de $\frac{1}{300}$ de seconde, sa longueur de 10 millimètres (d'après Place, dans l'onde de contraction du muscle, la vibration a une durée de 0,2 seconde et une longueur de 2 décimètres).

Les relations entre le nombre des interruptions du courant et l'intensité de l'excitation ne sont pas sans importance pour la théorie des courants nerveux, et même pour l'électrothérapie; aussi ai-je fait des expériences spéciales pour arriver à établir ces relations. Voici comment je disposais ces expériences : avec une lunette j'observais sur une boussole des tangentes de Meyerstein l'intensité du courant nerveux et celle de l'oscillation négative; le nerf, pendant ce temps, était excité par un courant d'induction. Je ne me servais pour l'excitation que de courants d'une intensité considérable, et je les appliquais à un point du nerf éloigné de la partie qui était dérivée. Je modifiais le nombre des interruptions qui avaient lieu à la pointe de l'appareil d'induction en chargeant le levier élévatoire de l'interrupteur de poids différents. Ces expériences dont l'exposition détaillée serait déplacée ici me conduisirent à ce résultat : l'intensité de l'oscillation négative est directement proportionnelle au nombre des interruptions du courant induit exciteur. — (Il est évident du reste que même au moment où les interruptions se succédaient le moins rapidement, leur nombre excédait toujours le chiffre nécessaire pour produire le tétanos, c'est-à-dire 15 à 20 par seconde; en effet pour faire apparaître l'oscillation négative, il faut nécessairement une excitation tétanique des nerfs.) D'un autre côté, nous pouvons aussi prendre la grandeur de l'oscillation négative du courant comme expression du degré d'irritation du nerf;

ces expériences montrent donc aussi *que pendant l'excitation tétanique, le degré d'irritation est proportionnel à la fréquence des interruptions du courant excitateur.*

Je dois dire encore que J. R. Meyer a trouvé une relation semblable entre la force de l'oscillation négative du courant et l'intensité du courant excitateur.

Le courant musculaire donne aussi par l'irritation une oscillation négative du courant; tout ce que nous avons dit de l'oscillation nerveuse est également vrai pour celle-ci.

CHAPITRE III

ÉLECTROPHYSIOLOGIE DE L'HOMME.

§ I. — Introduction.

Dans le chapitre précédent, nous avons appris à connaître toutes ces lois si diverses qui se déduisent des propriétés électriques des nerfs et des muscles. L'importance de ces propriétés électriques n'a besoin d'aucune démonstration. En supposant même que l'on s'obstine à ne pas regarder les facultés électromotrices du nerf comme étant la cause des fonctions nerveuses elles-mêmes, comme étant ce que l'on a appelé si longtemps le principe nerveux, personne néanmoins ne mettra en doute que les propriétés électromotrices n'exercent la plus grande influence sur les fonctions du nerf, au moins personne parmi tous ceux qui connaissent l'état actuel de la névrophysiologie, et surtout ceux qui se sont familiarisés avec la doctrine de l'électrotonus exposée plus haut. Pour n'avoir plus l'ombre d'un doute à cet égard, il suffit de se rappeler : que le nerf à l'état de repos possède d'autres propriétés électro-

motrices que le nerf à l'état d'activité; que le fonctionnement du nerf amène une modification correspondante de ses facultés électromotrices; que toute influence qui modifie d'une manière quelconque les fonctions du nerf, amène aussi dans les forces électromotrices du nerf et du muscle une modification semblable et conforme à certaines lois. Quand le nerf dépérit, son activité électromotrice disparaît également; ce mode de disparition est soumis à des lois, et à certains degrés de dépérissement du nerf correspondent certaines modifications de ses forces électromotrices. De plus l'irritation nerveuse a une vitesse de propagation égale à la vitesse avec laquelle se transmet la modification électromotrice des molécules nerveuses: cette modification que nous avons décrite sous le nom d'oscillation négative du courant nerveux, qui prend naissance, quand le nerf passe de l'état de repos à l'état d'irritation.

Nous n'insisterons pas davantage sur les indices qui semblent démontrer l'identité de la force vitale et les facultés électriques du nerf. Il nous suffit complètement d'avoir montré l'enchaînement qui existe entre les modifications des fonctions du nerf et les modifications de ses forces électromotrices; car cet enchaînement fait voir immédiatement l'importance capitale qui s'attache, tant dans la pathologie des nerfs que dans l'électrothérapie, à l'étude des lois électrotoniques et à celle des propriétés électromotrices des nerfs chez l'homme malade et chez

l'homme sain. Il ressort en effet de cet enchaînement que toutes les modifications malades des fonctions nerveuses, maladies appelées névroses, doivent être accompagnées de modifications dans la composition moléculaire des nerfs ; et il est probable même que ce sont ces dernières qui constituent, dans beaucoup de cas, la cause des premières. Il est en effet très-probable que les modifications des forces électromotrices sont autres dans une paralysie saturnine, autres dans une paralysie rhumatismale, autres dans une épilepsie, etc.

Il est donc de la plus grande importance de pouvoir apprendre à reconnaître, dans les différentes maladies, ces modifications de la composition moléculaire des nerfs ; c'est le seul moyen capable de nous faire comprendre la pathologie des névroses, et de nous délivrer de ces mots vagues et insignifiants par lesquels nous cherchions, jusqu'à présent, à remplacer des notions qui nous manquaient.

Mais ce n'est pas seulement pour la pathologie des nerfs qu'il est important de posséder ces connaissances ; elles sont en effet indispensables au médecin qui veut appliquer l'électricité d'une manière rationnelle à la guérison des maladies nerveuses. Ce n'est que quand il connaîtra les modifications pathologiques dans la disposition des molécules électromotrices, qu'il sera dans les conditions voulues pour rechercher avec succès les modes d'application du traitement électrique qui sont le plus capables de ramener la

disposition moléculaire du nerf à l'état physiologique.

C'est là, à notre avis, la seule méthode rationnelle par laquelle on puisse arriver à faire de l'électrothérapeutique une science proprement dite. Les uns parlent de la faculté que posséderait l'un des pôles de faire cesser les modifications pathologiques, les autres de l'utilité du courant constant pour rétablir l'activité du cœur, ou de l'efficacité du courant induit pour faire revenir la respiration éteinte, etc.; mais ce ne sont là que des mots en l'air, et par un pareil verbiage les électrothérapeutes n'arrivent qu'à se compromettre eux-mêmes et à discréditer l'électrothérapie.

Mais, avant de passer à cette étude des modifications pathologiques, il fallait évidemment connaître d'abord les manifestations physiologiques des propriétés électromotrices du nerf.

On ne pouvait pas appliquer purement et simplement à l'homme les lois physiologiques que l'on avait obtenues en expérimentant sur les animaux; quoique il fût excessivement probable que ces lois que l'on avait vérifiées sur différentes espèces animales prises dans les quatre embranchements seraient également valables pour l'homme.

Il était d'autant plus important de faire l'étude de l'électrophysiologie directement sur l'homme, qu'il fallait aussi, à cette occasion, créer les méthodes qui devaient être employées plus tard au lit du malade; il fallait surtout établir les limites dans les-

quelles une pareille étude sur l'homme est en général possible.

Dans l'étude des propriétés électrophysiologiques de l'homme, il faut distinguer les forces électromotrices des nerfs et muscles à l'état de repos, de celles qu'ils possèdent, quand ils sont sous l'influence d'excitants électriques. Les principales lois du courant musculaire et nerveux, à l'état de repos, ont été démontrées par Du Bois-Reymond sur des nerfs et des muscles après leur séparation du corps ; il est évident qu'on ne peut faire l'étude de ces lois sur l'homme vivant.

Nous possédons au contraire le moyen d'observer sur l'homme vivant la modification du courant nerveux et musculaire, qui est produite pendant l'irritation, c'est-à-dire l'oscillation négative du courant ; on y arrive par une méthode connue et qui a été indiquée par Du Bois-Reymond. On fait communiquer d'une manière quelconque l'extrémité supérieure de l'homme avec le multiplicateur ; on détruit par compensation la déviation de l'aiguille qui peut provenir de l'humidité de la peau ou de toute autre cause, puis on contracte les muscles de l'extrémité supérieure en exécutant un travail quelconque : on obtient ainsi une déviation de l'aiguille qui est la conséquence de l'oscillation négative du courant dans les muscles. Du reste cette épreuve est restée jusqu'à présent pour notre but sans signification directe.

Ce qui est d'un intérêt bien plus grand pour l'ap-

plication de l'électricité à la médecine, ce sont les expériences par lesquelles on examine l'influence de l'irritation électrique sur le nerf et le muscle.

Déjà dans le chapitre précédent nous avons fait connaître une série de ces expériences qui ont été faites sur l'homme par Volta, Galvani, Ritter et d'autres; toutes ces expériences ont porté du reste sur les nerfs sensitifs et surtout sur les nerfs des sens supérieurs. Il est inutile d'y revenir encore une fois, d'autant plus que les lois de l'irritation qui en ont été déduites ont perdu aujourd'hui toute validité, comme nous l'avons déjà vu, et se sont fondues pour la plupart, dans la *loi des commotions de Pfluger*.

Les lois de l'électrotonus découvertes par Pfluger forment aujourd'hui la base fondamentale de la doctrine des effets exercés par les courants électriques sur les nerfs et les muscles. Aussi ces lois sont-elles de la plus grande importance pour l'application de l'électricité au traitement des maladies, et était-il nécessaire d'en faire l'étude sur l'homme vivant; cette étude, je viens de l'entreprendre.

§ II. — Expériences antérieures.

Remak a déjà essayé de faire quelques expériences électrotoniques sur l'homme; mais il donna sur les résultats obtenus les indications bien hasardées dont la plupart n'avaient aucun rapport avec la doctrine de l'électrotonus et que personne du reste n'a pu confirmer.

Fick fit des essais sur l'électrotonus en suivant la méthode de Pflüger ; il fit passer un courant constant dans une partie du nerf ulnaire et rechercha les modifications de l'excitabilité de ce nerf au-dessus et au-dessous de cette partie. Mais ses expériences demeurèrent sans résultat ; il attribua cet insuccès à la trop faible intensité des courants employés, et il supposa qu'il ne pouvait employer des courants plus forts, parce qu'ils eussent été douloureux. Cette raison me parut insuffisante ; car si nous sommes en état de produire des commotions avec le courant constant, nous devons aussi pouvoir provoquer des phénomènes électrotoniques, puisque, pour obtenir des commotions, il faut des courants beaucoup plus intenses que ceux qui sont nécessaires pour engendrer l'électrotonus.

Plus tard Eulenburg et Erb (1) exécutèrent et publièrent des essais sur l'électrotonus faits sur l'homme. Ces essais se réduisaient à l'étude de quelques phénomènes électrotoniques, et Erb et Eulenburg les firent sans toutefois prendre toutes les précautions nécessaires. Du reste, les résultats que le dernier de ces électrothérapeutistes a obtenus, contredisent en grande partie ceux de l'autre. Je n'insisterai pas sur ce qu'il y avait de défectueux dans ces expériences ; il me suffira d'indiquer les précautions nécessaires dans de pareils essais, celles notamment que j'ai prises moi-même pour faire voir les erreurs qui ont été commises.

(1) P. Samt (*l'Électrotonus de l'homme*, Berlin, 1869) a depuis
Cron. Electrothérapie.

§ III. — Mes recherches sur l'électrotonus de l'homme.

J'ai entrepris une série d'expériences ayant pour but d'étudier les phénomènes électrotoniques sur l'homme. La question capitale à résoudre était si un courant constant traversant un nerf en communication avec le corps de l'homme, y produit les mêmes modifications que celles dont la production a été démontrée par Pflüger sur le nerf sciatique de la grenouille.

Une pareille recherche faite sur le corps de l'homme rencontrait de nombreuses difficultés, dont nous allons énumérer les principales :

1. La difficulté de trouver un nerf moteur qui fut placé dans le voisinage de la surface extérieure du corps sur une longueur assez grande pour pouvoir être atteint facilement et par le courant modificateur, et par le courant exciteur. Les couches qui séparent le nerf des électrodes doivent offrir des résistances aussi constantes que possible.

2. Les électrodes modificatrices doivent être appliquées sur le nerf, de manière à n'être pas déplacées pendant toute la durée du passage du courant, autrement l'intensité du courant qui traverse ce nerf se serait immédiatement et notablement trouvée modifiée.

3. Il fallait éviter les erreurs qui pouvaient résulter de la pression des électrodes sur le nerf.

publié plusieurs expériences faites à peu près d'après la méthode de Erb ; mais comme il a agi avec plus de précautions, ses résultats sont plus exacts.

4. Le courant excitateur devait être appliqué de manière à ce qu'aucune fraction de ce courant ne s'égarât dans la région traversée par le courant constant.

5. Il était absolument nécessaire de trouver un moyen exact de mesurer les modifications de l'irritabilité.

6. Il fallait chercher à éliminer autant que possible la perturbation qui devait se produire dans l'irritabilité sous l'influence de ces excitations répétées coup sur coup.

Voyons maintenant les moyens que j'employais pour triompher de ces difficultés.

Il fallait d'abord choisir le nerf ; je m'arrêtais au nerf ulnaire, car non-seulement il est par sa position un des nerfs les plus accessibles et des plus superficiels dans le corps de l'homme, mais il est encore en communication avec des muscles dont j'ai pu mesurer exactement le travail à l'aide d'un myographe construit par moi à cette intention. Je prenais le nerf ulnaire pendant son passage dans le bras ; dans cette région on peut en effet le fixer sur l'humérus, et il est placé très-superficiellement et dirigé en ligne droite sur une longueur suffisante. C'est la partie de ce nerf située le long du bras que j'employai pour le passage du courant constant modificateur ; quant au courant induit qui devait examiner l'irritabilité, je l'appliquai au-dessous (1) de cette région, en plaçant

(1) Nous expliquerons plus tard pourquoi nous nous sommes contentés provisoirement d'examiner la partie du nerf placée inférieurement par rapport à la région modifiée.

l'une des électrodes immédiatement au-dessus du coude, et en appliquant l'autre à l'avant-bras près de l'articulation cubito-carpienne.

Pour me préserver de la seconde source d'erreurs, celle qui résulte du déplacement du nerf par rapport aux électrodes, j'employai principalement le moyen suivant : les électrodes étaient solidement attachées l'une à l'autre au moyen d'une vis, et étaient de plus fixées au bras de manière à rester immobiles. Comme pour des raisons que nous exposerons plus loin, tout le bras était entouré d'un moule en plâtre, il était aussi remédié au déplacement possible du nerf, par suite des mouvements musculaires qui résultent de l'irritation. Avant chaque expérience je cherchais le nerf et j'en traçais la marche avec de l'encre sur la peau, puis j'appliquais les électrodes et je m'assurais de nouveau si le nerf se trouvait toujours à la même place.

J'évitais facilement la pression des électrodes sur le nerf, en les appuyant non pas sur le bras, mais sur l'enveloppe de plâtre ; il était, dès lors, inutile de les appliquer avec pression.

Une des principales difficultés consistait à trouver un moyen exact et invariable pour mesurer avec précision les modifications de l'irritabilité du nerf. Dans les expériences physiologiques on emploie généralement à cet effet : 1° la force d'excitation rigoureusement nécessaire pour produire un minimum de contraction ; 2° la force de la contraction elle-même. Le premier moyen est beaucoup moins exact que

le dernier, et pour plusieurs motifs. Ainsi, par exemple, avec le premier, il est toujours nécessaire d'employer toute une série d'excitants jusqu'à ce qu'on arrive à celui qui est encore exactement suffisant pour donner le minimum de contraction; mais, par ces nombreuses excitations, on change l'irritabilité elle-même; de plus le minimum de contraction ne peut être reconnue autrement qu'à vue d'œil, ce qui est un moyen de mesure très-inexact. Enfin il y a encore une source d'erreur en ce que nous produisons les excitations tout à fait arbitrairement en rapprochant ou en éloignant les deux bobines de l'appareil d'induction. Tous ces défauts font que les physiologistes préfèrent mesurer directement la force des contractions musculaires, même sur des nerfs et des muscles séparés du corps. Les défauts signalés sont encore bien plus grands, lorsqu'on applique cette mesure chez l'homme vivant. Pourtant c'est elle qui a été employée presque exclusivement jusqu'à ce jour dans les études électrotoniques faites sur l'homme; cette circonstance suffirait en elle-même pour expliquer l'insuccès de ces études. Erb seul mesurait la force même de la contraction musculaire, mais il se contentait de l'estimer approximativement à vue d'œil. Il employait de plus un autre moyen qui est encore moins bon: il contrariait une contraction en faisant rétrécir le muscle antagoniste, et il recherchait s'il était plus facile de triompher de cette contraction pendant que le circuit du courant polarisateur était fermé ou pendant qu'il était ou-

vert. Cette méthode est tout à fait impropre pour mesurer l'irritabilité; il est facile de voir les raisons pourquoi elle ne permet même pas d'arriver à une mesure approximative.

Je suis parvenu à trouver un moyen parfaitement exact pour mesurer l'irritabilité, c'est la mesure directe de la force de contraction. A cet effet je me servais d'un myographe que j'ai fait construire et qui trace exactement sur un cylindre enregistreur les contractions du muscle adducteur du pouce. La description et la figure de cet appareil seront données plus loin quand je parlerai des expériences que j'ai faites pour constater la subordination de l'irritation nerveuse à la force d'irritation; car c'est pour ces expériences que l'appareil a été spécialement construit. Pour exécuter l'expérience, le bras était placé dans un moule très-exact en plâtre qui empêchait tous les mouvements, sauf ceux de l'adducteur du pouce. Sans ce moule il est complètement impossible d'obtenir un tracé exacte des contractions. On sait que Helmholtz employait également un pareil moule pour mesurer sur l'homme la vitesse de propagation de l'excitation. Le moule qui devait renfermer la main pendant les expériences avait des découpures non-seulement pour les électrodes, mais encore pour le pouce qui pouvait ainsi exécuter librement tous ses mouvements. Pour examiner l'irritabilité, je ne me servais pas de la force minime d'excitation, mais d'une force d'excitation moyenne quelconque, qui restait la

même dans toutes les épreuves suivantes ; je ne jugeais de l'augmentation ou de la diminution de l'irritabilité, que par la grandeur de la commotion musculaire que je pouvais mesurer exactement ainsi que je l'ai déjà dit.

Cette méthode a d'abord un grand avantage, c'est qu'elle permet de mesurer exactement les modifications de l'irritabilité nerveuse ; mais elle en a encore un autre, celui d'éliminer la source d'erreurs que nous avons citée plus haut ; c'est-à-dire que, dans ces essais, elle empêche l'irritabilité d'être modifiée par les excitations du courant examinateur. En effet, comme la nécessité d'effectuer toute une série d'excitations se trouvait écartée, les modifications de l'irritabilité qui en résultaient étaient évidemment écartées du même coup. Cet avantage est d'autant plus grand que les modifications d'irritabilité qui résultent de ces excitations répétées, sont très-considérables, comme chacun peut s'en assurer facilement.

Je viens de retracer les principaux traits qui caractérisent ma méthode d'expérimentation ; je n'ai plus maintenant qu'à en donner encore quelques détails pour passer ensuite à l'exposé des expériences elles-mêmes.

Je me servais pour la polarisation d'une batterie de 20 à 25 éléments de Siemens et Halske ; ces éléments ont déjà été exactement décrits dans le chapitre des appareils. J'employais comme électrodes les plaques de laiton dont j'ai parlé dans le même

chapitre Elles sont recouvertes de toile ou d'éponge, et possèdent une forme allongée (1 centimètre de longueur sur 1/2 centimètre de largeur). La distance réciproque des deux électrodes était réglée à l'aide d'une vis ; elle n'était généralement pas plus grande que de 4 à 5 centimètres. L'excitation s'opérait avec le courant d'induction d'un appareil de Du Bois-Reymond. Les deux courants étaient interrompus avec des clefs de Du Bois, semblables à celles que nous avons décrites plus haut. Voici en quelques mots la marche de l'expérience : On recherche le nerf ulnaire dans toute sa partie superficielle (ceci se fait à l'aide de l'excitation), puis on trace son parcours. On place alors le bras dans le moule de plâtre, on met l'adducteur du pouce en communication avec le myographe, et on place sur le nerf ulnaire les deux électrodes polarisatrices (le circuit de la batterie étant rompu) ; ces électrodes sont solidement attachées au moule de plâtre. On excite alors le nerf au-dessous des électrodes polarisatrices, à l'aide d'un courant d'induction d'une intensité moyenne. Quand l'adducteur a tracé sa contraction, on ferme pendant quelque temps le circuit du courant polarisateur, puis on fait tracer à l'adducteur une nouvelle contraction. Pendant l'expérience, le bras se trouve placé dans une position horizontale, et toutes les articulations sont tendues. Les expériences dont je parle ici ont été exécutées sur trois individus différents, mais tous en bonne santé. J'ai fait quelques expériences semblables sur des indi-

vidus affectés de maladies nerveuses; mais je n'en parlerai pas, provisoirement, pour ne pas trop compliquer les résultats.

Nous allons passer maintenant à l'explication détaillée du but immédiat de nos recherches."

Nous avons vu dans le chapitre précédent, qu'à l'aide d'un grand nombre d'expériences exécutées avec le plus grand soin et la plus grande précision, Pfluger réussit à ramener à quelques lois simples et parfaitement claires toutes les indications contradictoires et excessivement confuses que les auteurs qui le précédèrent avaient publiées sur l'irritation du nerf par les courants électriques.

Déjà auparavant Du Bois-Reymond avait montré qu'en faisant passer pendant quelque temps dans un nerf un courant d'une intensité constante, celui-ci modifie les propriétés électromotrices du nerf d'une manière toute spéciale. Le courant constant est-il dirigé dans le même sens que le courant nerveux préexistant, celui-ci sera renforcé par le premier; est-il dirigé en sens contraire, le courant nerveux se trouvera affaibli. Du Bois-Reymond appelait ces états du nerf, les états électro-toniques. Le premier des deux cas dont nous venons de parler était nommé la phase positive de l'électrotonus, second la phase négative.

Pfluger entreprit l'étude de l'électrotonus à un point de vue tout à fait différent et bien plus important pour la physiologie; il le considéra dans

ses rapports avec l'irritation physiologique des nerfs. Il trouva, ainsi que nous l'avons vu dans le chapitre précédent, qu'un courant qui traverse un nerf dans la direction de son axe longitudinal partage ce nerf en deux zones : dans celle qui se trouve du côté du pôle négatif l'irritabilité est augmentée, c'est la zone katélectrotonique; dans celle qui est près du pôle positif, l'irritabilité est diminuée, c'est la zone anélectrotonique. Il trouva que la conductibilité du nerf se modifie en même temps que son irritabilité et dans le même sens. Il passa ensuite à l'étude de l'irritation du nerf produite par la fermeture ou la rupture du circuit de courants constants, soit ascendants, soit descendants; il arriva à ce résultat, quel'intensité de ces courants est de la plus grande importance pour l'apparition ou la non-apparition de l'irritation; et c'est ainsi qu'il parvint à établir la loi des commotions que nous avons donnée dans le chapitre précédent. C'est en comparant cette loi avec les phénomènes électrotoniques que nous venons de rappeler, qu'il réussit à en donner le commentaire suivant remarquable par sa simplicité. « Un nerf est irrité au moment de l'apparition de katélectrotonus et au moment de la disparition de l'anélectrotonus; mais il ne l'est point, quand le katélectrotonus disparaît, ni quand l'anélectrotonus apparaît. »

Dans le chapitre précédent nous avons exposé cette proposition en détail, et nous en avons donné toutes les explications voulues; nous avons aussi montré

par des exemples, comment on peut en déduire facilement et tout naturellement tous les phénomènes qui rentrent dans la loi des commotions. Nous ajouterons encore ici que Pfluger a également étudié les phénomènes d'irritabilité du nerf qui se produisaient après la cessation de l'anélectrotonus et du katélectrotonus, et qu'il arriva à ce résultat : le katélectrotonus extra-polaire, soit ascendant, soit descendant, entre, après l'interruption du courant, dans un état de modification négative de peu de durée, puis dans un état persistant de modification positive qui enfin fait lentement place à l'état naturel ; l'anélectrotonus extrapolaire soit ascendant, soit descendant, entre directement dans un état de modification positive, d'autant plus prononcé et plus persistant que le courant polarisateur était plus intense.

Quelques physiologistes ont pris la proposition de Pfluger que nous venons de citer pour une théorie des phénomènes d'irritations. Mais ceci est inexact. En effet, cette proposition est simplement l'expression de toute une série de faits compliqués et n'ayant en apparence entre eux aucune connexion fixe et déterminée. L'exactitude de cette proposition a été démontrée plus tard, et de la manière la plus diverse, par toute une série d'observateurs, comme par exemple Bezold, M. Chauveau, etc.

Pour faire sur l'homme une étude méthodique des phénomènes électrotoniques, il fallait commencer par rechercher ce que devient l'irritabilité du nerf traversé par un courant constant. Il fallait

s'assurer si, dans le nerf vivant et non séparé de l'organisme, il se forme aux deux pôles deux zones, l'une anélectrotonique, l'autre katélectrotonique, et si ces deux zones montrent, non-seulement pendant le passage du courant, mais encore après son interruption, les mêmes phénomènes que ceux qui ont été observés sur le nerf de la grenouille.

Il était à prévoir que dans le nerf vivant il serait beaucoup plus difficile de distinguer nettement ces phénomènes que dans le nerf séparé du corps. Il fallait donc commencer par étudier ces phénomènes dans des circonstances plus simples. Je ne m'occupais donc d'abord que du katélectrotonus extrapolaire *descendant* et de l'anélectrotonus extrapolaire *descendant*, c'est-à-dire que j'examinai les modifications de l'irritabilité dans la partie du nerf placée en *avant* du courant *descendant*, en *arrière* du courant *ascendant*; il s'agissait toujours, par conséquent, de l'irritabilité de la région nerveuse placée entre la partie polarisée et le muscle. L'examen de la région extrapolaire placée au-dessus de la partie polarisée est plus ardu, parce que les résultats sont plus difficiles à interpréter; cela provient de ce que l'excitation, pour arriver au muscle, doit traverser la partie polarisée dont la conductibilité a évidemment éprouvé des modifications.

Je cite ici quatre expériences *qui ont complètement réussi*; elles serviront d'exemples pour la marche des modifications de l'irritabilité dans les régions anélectrotonique et katélectrotonique. L'ex-

citant employé était assez énergique, comme on peut le voir par l'étendue des commotions.

Voici ces expériences :

EXAMEN DU KATÉLECTROTONUS.

TEMPS.	COURANT POLARISATEUR.	ÉTENDUE DES CONTRACTIONS pendant l'excitation.
1^{re} Expérience.		
10 ^h 53 ^m	Interrompu.	0 ^m ,025
10 ^h 53 ^m	Fermé.	0 ^m ,026
10 ^h 54 ^m	Fermé.	0 ^m ,030
10 ^h 56 ^m	Fermé.	0 ^m ,034
11 ^h	Fermé.	0 ^m ,034
11 ^h 1 ^m	Interrompu.	0 ^m ,022
11 ^h 2 ^m	Interrompu.	0 ^m ,031
11 ^h 5 ^m	Interrompu.	0 ^m ,027
2^e Expérience.		
3 ^h 22 ^m	Interrompu.	0 ^m ,033
3 ^h 25 ^m	Interrompu.	0 ^m ,033
3 ^h 25 ^m	Fermé.	0 ^m ,035
3 ^h 26 ^m	Fermé.	0 ^m ,042
3 ^h 27 ^m	Fermé.	0 ^m ,042
3 ^h 27 ^m	Interrompu.	0 ^m ,031
3 ^h 27 ^m	Interrompu.	0 ^m ,039
3 ^h 29 ^m	Interrompu.	0 ^m ,035

Ces deux expériences montrent qu'immédiatement après la fermeture du circuit, l'irritabilité se trouve augmentée dans le voisinage du pôle négatif; cette augmentation devient de plus en plus considérable avec la durée de passage du courant polarisateur, jusqu'à ce qu'elle atteigne une certaine valeur maximum qu'elle ne pourra pas dépasser, quelque prolongée que soit la durée de passage du courant. Immédiatement après l'interruption du courant, on voit se manifester dans la région katélectrotonique une diminution de l'irritabilité, mais elle ne dure qu'un moment, et fait ensuite place immédiatement à une augmentation qui persiste plus longtemps et qui passe enfin lentement à l'état naturel. Après la rupture du circuit il y a donc une modification négative d'une durée momentanée qui fait place d'abord à une modification positive d'une durée plus longue, puis à l'état normal.

Dans ces expériences les résultats sont donc en conformité parfaite avec ceux qui ont été obtenus dans les recherches sur le nerf de la grenouille. Mais je tiens à faire remarquer déjà ici que si la modification négative se montre presque toujours après la disparition du katélectrotonus, il arrive souvent, par contre, que la modification positive ou bien manque complètement, ou bien ne se manifeste que très-faiblement et n'est que d'une très-courte durée. Mais ce ne sont pas encore là toutes les irrégularités qui se montrent dans ces expériences. Quant aux autres, et ce sont les plus

TEMPS.	COURANT POLARISATEUR.	ÉTENDUE DE LA CONTRACTION.
3^e Expérience.		
11 ^h 20 ^m	Interrompu.	0 ^m ,028
11 ^h 25 ^m	Interrompu.	0 ^m ,028
11 ^h 25 ^m	Fermé.	0 ^m ,022
11 ^h 26 ^m	Fermé.	0 ^m ,019
11 ^h 27 ^m	Fermé.	0 ^m ,019
11 ^h 29 ^m	Fermé.	0 ^m ,022
11 ^h 30 ^m	Fermé.	0 ^m ,021
11 ^h 33 ^m	Fermé.	0 ^m ,020
11 ^h 33 ^m	Interrompu.	0 ^m ,032
11 ^h 34 ^m	Interrompu.	0 ^m ,032
11 ^h 36 ^m	Interrompu.	0 ^m ,033
11 ^h 40 ^m	Interrompu.	0 ^m ,031
4^e Expérience.		
10 ^h 15 ^m	Interrompu.	0 ^m ,026
10 ^h 18 ^m	Interrompu.	0 ^m ,027
10 ^h 18 ^m	Fermé.	0 ^m ,019
10 ^h 19 ^m	Fermé.	0 ^m ,017
10 ^h 23 ^m	Fermé.	0 ^m ,010
10 ^h 26 ^m	Fermé.	0 ^m ,010
10 ^h 29 ^m	Fermé.	0 ^m ,020
10 ^h 32 ^m	Fermé.	0 ^m ,022
10 ^h 32 ^m	Interrompu.	0 ^m ,036
10 ^h 35 ^m	Interrompu.	0 ^m ,038
10 ^h 38 ^m	Interrompu.	0 ^m ,035
10 ^h 40 ^m	Interrompu.	0 ^m ,034

importantes, nous n'en parlerons qu'après avoir donné deux expériences sur l'anélectrotonus, parce que là les mêmes irrégularités se produisent pour les mêmes causes.

Dans les deux expériences nous voyons que, quelque temps après la fermeture du circuit du courant polarisateur, l'irritabilité a sensiblement diminué dans le voisinage du pôle positif; immédiatement après la rupture du circuit, il se montre une augmentation considérable de l'irritabilité (modification positive); dans la seconde expérience elle est plus considérable, aussi le circuit y est-il resté fermé plus longtemps que dans la première. Cette modification positive ne fait jamais défaut après la disparition de l'anélectrotonus, seulement elle est plus ou moins accentuée dans les différentes expériences.

Comparons les résultats de ces expériences avec ceux que la physiologie a obtenus sur le nerf de la grenouille séparé du corps, et nous trouverons encore ici la plus grande concordance.

Mais on se tromperait, si l'on croyait qu'une pareille concordance avec les faits physiologiques se rencontre dans toutes les expériences exécutées sur l'homme. Dans quelques expériences faites sur les mêmes individus, le katélectrotonus et l'anélectrotonus étaient loin d'être aussi nettement accentués; dans quelques autres essais, surtout dans ceux qui avaient été exécutés sur des individus atteints de maladies nerveuses (un épileptique et un choréique), les résultats étaient même tout contraires:

il y avait tantôt une augmentation de l'irritabilité dans la région anélectrotonisée, tantôt une diminution dans la région katélectrotonisée. Mais c'est surtout quand on examine les modifications de l'anélectrotonus ascendant et du katélectrotonus ascendant, qu'on trouve des divergences encore plus fréquentes et plus compliquées entre les résultats qu'on obtient chez l'homme et ceux qui ont été obtenus sur le nerf séparé du corps. Ici on se trouve dans des conditions tellement compliquées, que souvent on ne sait plus du tout à quoi s'en tenir, et que l'on commence à se demander s'il existe réellement une régularité quelconque dans ces phénomènes; mais en approfondissant davantage les choses, on ne peut plus méconnaître cette régularité. Contentons-nous provisoirement de discuter les expériences dans lesquelles l'irritabilité n'était examinée qu'*au-dessous* de la région modifiée.

Ainsi que le montrent les quatre expériences que nous venons de citer comme exemples, les modifications, chez l'homme vivant, du nerf électrotonisé sont en général conformes à celles qui ont été observées sur le nerf de la grenouille séparé du corps. Les exceptions que l'on voit apparaître chez l'homme, peuvent se diviser en deux catégories :

1° Celles observées chez les hommes qui n'ont point de maladies nerveuses et qui fournissent le plus souvent des cas des réactions normales.

2° Celles observées chez des individus affectés de

maladies nerveuses et qui montrent des irrégularités et des exceptions très-considérables.

Quant aux individus de la première catégorie, les exceptions qu'on observe chez eux de temps en temps ne peuvent pas être considérées comme infirmant les lois de Pfluger sur les nerfs de l'homme vivant. Ce qui, sans doute, amène dans la plupart des cas ces exceptions, c'est que les nerfs, sur lesquels on expérimente chez l'homme vivant, sont en communication avec les centres nerveux. M. Claude Bernard a montré, déjà depuis longtemps, que la loi des communications est souvent toute autre dans les nerfs en communication avec les centres nerveux que dans ceux qui en sont séparés. Dans les premiers cas l'innervation centrale peut modifier les résultats de nos recherches de la manière la plus diverse. Ainsi il suffit par exemple qu'au moment où l'on examine l'irritabilité dans la région anélectrotonique d'un nerf, celui-ci soit également soumis à l'innervation du cerveau, pour que, par suite de l'accumulation de ces deux excitations, le muscle se contracte bien plus fortement que quand on excitait la même région du nerf avant qu'il ne fût polarisé. Par suite de ces rapports du nerf avec le centre nerveux, on devrait s'attendre à rencontrer dans les expériences faites sur l'homme des irrégularités bien plus fréquentes que celles qui se montrent réellement.

D'un autre côté, il ne faut pas oublier que, dans les expériences faites sur les grenouilles, on rencontre aussi de temps en temps des nerfs qui refusent

de donner les réactions les plus habituelles et les plus incontestables. Il faut donc d'autant plus s'attendre à rencontrer de pareilles anomalies dans les nerfs qui sont en rapport avec l'organisme. Et si l'on considère que chez l'homme à l'état normal, les modifications qui se produisent sous l'influence du courant excitateur sont très-souvent conformes à celles que nous avons signalées dans les expériences citées plus haut (puisque sur neuf essais faits sur le nerf ulnaire, je n'en ai obtenu que deux faisant exception à la loi de Pfluger), il sera impossible de contester que les lois de Pfluger conservent leur pleine et entière valeur pour les nerfs de l'homme restés en communication avec l'organisme.

Quant aux exceptions et aux irrégularités apparentes que j'ai observées en expérimentant sur les nerfs d'individus malades, il est évident qu'on ne peut pas les regarder comme contredisant l'opinion que je viens d'exprimer. Les irrégularités qui ont ici pour cause l'état de maladie de la substance nerveuse ne sont peut-être qu'apparentes, et il est probable qu'en faisant encore un grand nombre d'expériences sur des individus atteints de maladies nerveuses, on arrivera aussi à coordonner tous ces faits irréguliers et à en trouver les lois. Mais jusqu'à présent le nombre de ces expériences est trop peu considérable pour que j'essaye d'entrer dans des explications à ce sujet. Je dois garder la même réserve pour les expériences qui se rapportent à l'examen de l'anélectrotonus ascendant et du katé-

ascendant. Ici aussi lorsque l'on poussera plus loin les expériences, ces irrégularités apparentes s'expliqueront facilement et nous conduiront à certaines lois; en tout cas les expériences que j'ai faites jusqu'à présent ont déjà donné le résultat suivant :

Les lois qui régissent l'action du courant constant sur le nerf et qui ont été découvertes par Pflüger pour les nerfs des grenouilles, ces lois conservent aussi toute leur validité pour ceux de l'homme vivant, au moins dans leurs parties essentielles.

Ainsi s'ouvre au névrophathologiste un nouveau champ pour l'expérimentation pathologique dans les maladies nerveuses; ce sont les changements de composition moléculaire du nerf, qui se manifestent par des variations dans les réactions que le nerf éprouve sous l'influence du courant. En même temps le médecin acquiert le moyen de ramener une partie de ces modifications pathologiques à l'état normal, puisqu'il peut, à volonté, augmenter ou diminuer l'irritabilité du nerf.

Le diagnostic des maladies nerveuses deviendra ainsi plus compliqué et plus difficile, mais il sera aussi plus fertile en conséquences; ce ne sera en effet qu'à l'aide de ces diagnostics plus approfondis et plus minutieux que l'on arrivera à sonder la nature de ces maladies que l'on appelle névroses. Mais est-il plus facile par hasard de poser le diagnostic des maladies du cœur, du foie, des poumons, etc., quand le médecin veut le faire consciencieusement? Il faut qu'il fasse alors non-seulement un

examen physique très-minutieux des organes pectoraux et abdominaux, mais encore une analyse chimique très-rigoureuse de l'urine, de la sueur et d'autres sécrétions. Au contraire, ces derniers diagnostics sont bien plus compliqués que celui de l'électrotonus chez l'homme; il suffit pour le poser de posséder la pratique et les appareils nécessaires, et l'on viendra facilement à bout des difficultés.

Outre les résultats dont j'ai déjà parlé, j'en ai encore obtenu d'autres dans mes expériences; seulement ces derniers ne se rapportent pas directement au sujet qui nous occupe. Mon myographe me permettait en effet de mesurer, non-seulement l'étendue de la contraction musculaire, mais aussi sa durée. Or j'ai observé dans mes expériences, que, sous l'influence de l'électrotonus, ce n'est non-seulement l'étendue de la commotion qui se modifie, mais aussi sa durée et sa forme, et cela de la manière la plus diverse. Ce résultat est obtenu d'une manière éclatante en expérimentant sur des individus atteints de maladies nerveuses. Ce côté de la question pourra aussi donner de nouveaux éclaircissements sur la nature de certaines maladies; j'en ferai peut-être le sujet d'un travail ultérieur et d'une autre publication.

§ IV. — *Expériences sur le rapport entre le degré de l'irritation et la force excitante.*

La question de la subordination de l'irritation nerveuse à la force des excitants employés n'est

pas moins importante pour l'application de l'électricité à la médecine que pour la physiologie générale des nerfs. Il était donc utile de rechercher la loi qui régit cette subordination chez l'homme vivant. J'ai essayé d'y parvenir par voie expérimentale, et je vais indiquer ici brièvement la marche des expériences que j'ai exécutées à ce sujet.

Nous avons déjà vu dans le chapitre précédent que, ne pouvant mesurer directement la force de l'irritation nerveuse, il a fallu dans ce but avoir recours à la mesure du travail musculaire. Nous avons montré aussi qu'on était parfaitement autorisé à se servir de cette mesure, puisqu'il est résulté des expériences de Fick que la force d'excitation, l'irritation et le travail musculaire sont entre eux dans une dépendance constante et simple, et que par conséquent la grandeur du travail musculaire est simplement une fonction de l'irritation nerveuse, qui à son tour est une fonction de la force excitante. En un mot, on est parfaitement en droit de se servir du travail musculaire pour mesurer la force de l'irritation nerveuse.

La difficulté consistait donc à mesurer exactement, sur l'homme vivant, le travail exécuté par un seul muscle; il fallait que le nerf correspondant à ce muscle fût facilement accessible aux agents irritants, et surtout qu'entre le nerf et le point d'application des excitants il n'y eût point une trop grande quantité de tissus offrant des résistan-

ces différentes ; car par suite du changement des résistances qui résultait de l'action du courant, la gradation de ce dernier risquait de devenir inexacte.

C'est pour ces motifs que je me suis servi dans ces expériences, comme dans toutes mes expériences précédentes, du muscle adducteur du pouce qui se trouve sous l'influence du nerf ulnaire.

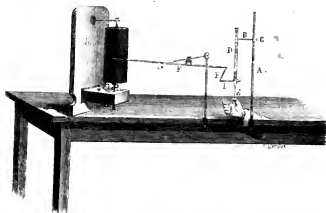


Fig. 10. — Myographe.

Pour mesurer le travail fourni par le muscle adducteur, j'ai construit un myographe dont je vais donner un dessin (fig. 10) et une courte description.

Le long d'une tige en fer A fixée verticalement peut se mouvoir une autre tige horizontale B, beaucoup plus mince que la première et se fixant à volonté à l'aide d'une vis de pression C. A cette

seconde barre se trouve suspendu un ressort à boudin D en laiton et assez puissant que l'on peut fixer à l'aide de vis et qui se termine inférieurement par un canal métallique E destiné à recevoir le pouce. Ce ressort communique avec un système de leviers FF auxquels est transmise chaque traction exercée sur lui; il en résulte dans les leviers des mouvements qui correspondent aux tractions du ressort, et qui sont retracés sur un cylindre enregistreur. Le point d'appui supérieur du ressort à boudin peut être déplacé, de manière qu'une partie plus ou moins grande de l'hélice prenne part à la traction.

Dans ces expériences aussi le bras était placé dans un moule en plâtre qui ne permettait que les mouvements de l'adducteur du pouce. J'irritais le nerf ulnaire dans le voisinage de l'articulation cubito-carpienne où il passe tout à fait superficiellement. Pour l'excitation j'employais soit les coups de fermeture d'une batterie constante, soit les coups de rupture d'un courant d'induction. En employant le courant constant, j'avais soin de maintenir constante, dans toutes les expériences, la durée de la fermeture. J'effectuais la gradation de l'intensité du courant, en intercalant des conducteurs secondaires offrant des résistances différentes, et j'arrivais à ce résultat en me servant du rhéostat de Siemens que j'ai décrit plus haut. Pour obtenir la gradation de l'intensité du courant induit, j'avais recours à un appareil d'induction de du Bois-Reymond, que je graduais en mesu-

rant les différentes intensités que possédait le courant induit, quand les deux bobines se trouvaient à différentes distances l'une de l'autre. C'est ainsi que je disposais mes expériences. Le résultat auquel elles me conduisirent est que la loi de la subordination de l'irritation nerveuse à la force excitante, que Fick découvrit en opérant sur l'arrière-train de la grenouille, que cette loi, dis-je, est entièrement valable pour les nerfs de l'homme qui sont en communication avec l'organisme. Chez l'homme aussi, l'étendue de la contraction musculaire croît en effet proportionnellement à la force d'excitation. Il y a une valeur maxima pour la contraction, et quand cette valeur est atteinte, une force excitante plus grande que celle qui a produit le maximum ne donnera point de contraction plus grande. Dans aucune de mes expériences je ne suis parvenu à obtenir un second maximum, ce qui paraît indiquer que chez l'homme les rapports entre l'irritabilité et la force excitante ne sont pas tout à fait les mêmes que dans le nerf de la grenouille séparé du corps, puisque Fick a observé dans ce dernier une commotion supra-maximale, quand il donnait à la force excitante une intensité encore plus considérable. Mais cette différence n'est qu'apparente, car il est très-probable que la commotion supra-maximale de Fick a été déterminée, non point par la nature même de l'irritation nerveuse, mais bien par les conditions dans lesquelles il faisait ses expériences. Nous avons déjà vu dans le chapitre précédent que Lamansky cher-

cha à expliquer cette commotion supra-maximale de Fick par l'irritation unipolaire. Cette interprétation amena une polémique entre Meyer et Lamansky, dans laquelle ce dernier montra que ce n'est pas même l'irritation unipolaire qui engendre ce second maximum, mais que c'est bien le mode d'interruption du courant induit; car le mode employé par Fick amène, non pas *une seule* interruption, mais bien *deux* qui se succèdent très-rapidement, et que par conséquent il y a dans le nerf une accumulation de deux coups d'induction. Quoi qu'il en soit, il est certain que l'on est plutôt autorisé à considérer comme le résultat normal celui qui a été obtenu chez l'homme sur le nerf intact, que celui qui est résulté des expériences faites sur un nerf de grenouille après sa séparation du corps; et en opérant sur le nerf intact de l'homme, je n'ai jamais obtenu des commotions supra-maximales.

Voici (fig. 11) une figure graphique représentant la loi sur la subordination de l'étendue des contractions musculaires à l'intensité de l'excitation. J'ai pris les excitations pour abscisses, et pour ordonnées les étendues des contractions, telles que je les avais obtenues dans plusieurs de mes expériences.

On voit que les extrémités supérieures des ordonnées sont situées presque exactement sur une ligne droite, ce qui montre que les différences entre les travaux musculaires sont proportionnelles aux différences entre les forces excitantes. Par conséquent, quand la force excitante augmente, le travail

musculaire grandit avec une vitesse constante, et il atteint son maximum non pas peu à peu et insensiblement, mais assez brusquement; c'est ce qui arrive aussi pour l'arrière-train de la grenouille sur laquelle Fick l'avait déjà constaté antérieurement

Jusqu'à présent nous n'avons pas encore eu l'occasion d'examiner expérimentalement sur l'homme

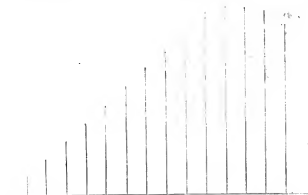


Fig. 11. — Loi de subordination de l'étendue des contractions musculaires à l'intensité de l'excitation.

l'influence exercée par la durée du coup de fermeture sur la force de la contraction musculaire. Mais il est excessivement probable que les lois que Fick trouva à ce sujet en opérant sur le nerf séparé de la grenouille, sont encore valables ici. Ziemssen a fait sur l'homme plusieurs expériences pour éclaircir ce sujet, et il prétend avoir confirmé directement la loi de Fick.

Nous voyons donc que toutes les lois sur l'irritation nerveuse qui ont été acquises à la physiologie générale des nerfs par des expériences sur les animaux sont valables également pour le corps de l'homme. Ce résultat qui était à prévoir a été démontré directement par les expériences que j'ai exécutées et dont j'ai parlé plus haut. C'est maintenant aux électrothérapeutistes à tirer de ce résultat le plus grand profit possible. Au moins leur est-il maintenant impossible d'avoir recours à ce subterfuge commode consistant à dire que les lois électrophysiologiques ne sont point valables pour l'homme; ils seront donc forcés de suivre une méthode scientifique dans l'application de l'électricité à la médecine.

§ V. — **Autres effets de l'électricité sur le nerf et sur le muscle.**

Nous allons pour finir exposer encore brièvement quelques autres effets modificateurs que l'électricité produit sur le nerf et le muscle. Il faut ici placer en tête, à cause de son importance pour l'électrothérapie, l'effet que le courant constant exerce sur l'irritabilité des nerfs et des muscles fatigués.

Heidenhain (1) a montré le premier qu'en faisant passer pendant un temps prolongé un courant constant dans un muscle fatigué, celui-ci revient à sa vigueur primitive, c'est-à-dire que si son irritabilité est moindre, elle deviendra plus grande, et si son irrita-

(1) Heidenhain, *Études pathologiques*. Berlin, 1856.

bilité est complètement éteinte, elle se trouvera rétablie. Ainsi que l'a encore montré Heidenhain, la direction du courant n'est pas sans importance sur l'apparition complète de ces effets; car le courant ascendant amène dans le muscle un rétablissement plus complet et plus persistant que le courant descendant. Ces effets des courants constants sont de la plus haute importance pour leur application au corps de l'homme; de l'avis unanime de tous ceux qui ont examiné sur l'homme ce rétablissement de l'irritabilité, il se montre d'une manière très-tranchée dans les muscles affaiblis et paralysés. C'est très-probablement par suite d'une action chimique que le courant constant produit cet effet; mais, dans l'état actuel de la chimie physiologique des nerfs et des muscles, nous préférons ne pas faire de suppositions sur la nature de ce processus physiologique. Du reste l'ignorance où nous sommes par rapport à cette propriété du courant constant est provisoirement sans importance pour l'emploi thérapeutique de ce courant.

Un autre effet du courant constant, qui peut trouver de nombreuses et importantes applications en électrothérapie, c'est la modification de l'irritabilité du nerf, à laquelle donne naissance le changement de direction du courant. Nous avons vu dans le chapitre précédent que ce fut Volta qui reconnut le premier ces modifications; il résuma les résultats obtenus dans ses « lois des alternatives. » Après lui ce furent surtout Ritter, Valli et d'autres, qui étu-

dièrent ces modifications et qui découvrirent sur ce terrain toute une série de faits nouveaux ; malheureusement beaucoup de ces faits étaient en contradiction les uns avec les autres. Rosenthal parvint à supprimer tout ce qu'il y avait de contradictoire ; il confronta tous les résultats antérieurs avec ceux qu'il avait obtenus par ses propres expériences et parvint ainsi à résumer tous ces faits dans les lois suivantes : Tout courant constant qui traverse pendant quelque temps un nerf moteur, y produit une modification et y amène un état particulier par lequel l'irritabilité est augmentée pour la rupture du courant de la même direction, et pour la fermeture du courant de sens inverse, tandis qu'elle est au contraire diminuée pour la fermeture du premier courant et pour la rupture du second.

Dans le chapitre précédent nous avons déjà fait voir que cette loi de Rosenthal se trouve complètement expliquée par la loi des commotions de Pflüger.

Par des expériences faites sur l'homme, Rosenthal a prouvé que cette loi était valable également pour les nerfs sensibles.

§ VI. — Action des courants électriques sur les nerfs des sens.

C'est sur l'homme que l'on a exécuté toutes les expériences faites pour constater l'influence de l'excitation électrique sur l'irritation des nerfs des sens. Je devrais donc à cette place faire l'exposé de

ces expériences; mais je n'entrerai pas ici dans ces détails, ayant donné dans le chapitre précédent la plupart des lois sur la physiologie générale des nerfs qui ont été déduites de ces expériences. Provisoirement, l'électrothérapie ne peut pas tirer un profit immédiat des faits qui se rapportent directement à l'action de l'électricité sur les organes des sens supérieurs. Déjà dans le chapitre précédent, nous avons appelé l'attention sur ce fait important que les organes des sens sont irrités non-seulement aux moments de fermeture et de rupture du circuit, mais encore pendant que le courant passe d'une manière continue; nous avons parlé aussi des expériences de Pfluger, qui montrent que ce fait ne constitue point une différence essentielle entre les effets des courants sur les nerfs moteurs et leurs effets sur les nerfs sensitifs; car, dans certaines circonstances, les nerfs moteurs aussi sont irrités pendant le passage du courant: On ne doit pas oublier non plus que lorsqu'on applique un courant au corps de l'homme, il est impossible d'obtenir une densité électrique complètement constante dans les différentes parties du corps. Par suite du changement continu qui s'opère dans les résistances des tissus, il se fait continuellement des oscillations dans la densité du courant, lesquelles suffisent pour exciter constamment les nerfs des sens.

Plus tard, Pfluger et ses élèves exécutèrent des expériences sur l'électrotonus des nerfs sensitifs; et elles donnèrent des résultats semblables à ceux

qui avaient été obtenus en opérant sur les nerfs moteurs.

Nous ajouterons seulement quelques mots sur l'irritation galvanique des deux sens supérieurs, le sens de la vue et le sens de l'ouïe. Déjà Volta avait remarqué que l'électricité possède la faculté d'engendrer des sensations visuelles spécifiques. Mais ce fut Ritter qui fit faire les plus grands progrès à cette branche de l'électrophysiologie ; il exécuta un grand nombre d'expériences très-diverses pour analyser la nature de ces sensations, et il employa à cet effet des courants soit ascendants, soit descendants, soit au moment de leur fermeture, soit au moment de leur interruption. Nous ne raconterons pas les expériences de Ritter, ni celles des observateurs qui le suivirent, parce que les résultats obtenus se contredisent pour la plupart. Ceci s'explique facilement, car il est excessivement difficile de percevoir exactement les phénomènes optiques subjectifs. Nous nous contenterons donc de citer les indications de Helmholtz qui, comme on le sait, est parmi tous les observateurs celui qui a le plus d'expérience dans ce genre d'observations personnelles ; nous citerons ses propres paroles :

« Quand on dirige un courant ascendant faible à travers le nerf optique, le champ obscur de la vision dans l'œil fermé devient plus clair qu'avant et prend une couleur violet blanchâtre. Dans le champ ainsi éclairé, le point d'entrée du nerf optique apparaît aux premiers moments comme un

disque obscur. La lueur diminue rapidement d'intensité; elle disparaît complètement quand on interrompt le courant, ce qu'on peut effectuer sans production d'éclair lumineux en détachant lentement la main du second électrode. Cette lueur disparue, il s'en montre une autre qui est en opposition avec la coloration bleue préexistante; elle consiste dans un obscurcissement du champ de la vision et dans la coloration jaune rougeâtre que prend la lumière propre de la rétine.

« Au moment où l'on fait passer un courant en sens contraire, c'est-à-dire un courant descendant, un phénomène frappant a lieu : le champ visuel, qui n'était rempli que par la lumière propre de la rétine, devient en général plus obscur que précédemment, et prend une coloration jaune rougeâtre; le point d'entrée du nerf optique se montre seul sous forme d'un disque bleu clair et tranche sur le fond plus sombre qui l'entoure; souvent on ne voit apparaître que la moitié de ce disque; c'est alors celle qui est tournée vers le milieu du champ de la vision. Lorsqu'on vient à interrompre le courant, le champ de la vision devient de nouveau plus clair et se trouve éclairé d'une lumière blanc bleuâtre, tandis que le point de pénétration du nerf optique paraît obscur (1). »

On voit que ces phénomènes concordent parfaitement avec la loi de Pflüger, d'après laquelle l'ir-

(1) Helmholtz, *Handbuch der physiologischen Optik*, Leipzig, 1867, p. 204.

ritabilité augmente dans le voisinage de la cathode et diminue près de l'anode. Aussi Helmholtz explique-t-il par la loi de Pflüger les phénomènes qu'il a observés.

Quant à l'irritation du nerf acoustique à l'aide de l'excitation galvanique, l'opinion générale qui règne à ce sujet est que cette irritation est incapable de produire des phénomènes acoustiques spécifiques. Ceci a été clairement démontré par les expériences de P. Erman et Ed. Weber. Antérieurement, Ritter avait prétendu le contraire ; mais cette opinion erronée s'explique par les causes fort nombreuses qui peuvent induire en erreur dans une pareille expérimentation. Les expériences sont exécutées en effet soit en remplissant l'oreille d'eau et en plaçant l'électrode au milieu de cette eau, soit en introduisant l'électrode métallique elle-même au fond du canal auditif extérieur. Dans le premier cas l'eau se décompose et il se forme de l'hydrogène ; de là un bruissement qu'un observateur non prévenu prendra pour des sensations acoustiques produites par l'excitation électrique. L'introduction directe de l'électrode dans le canal auditif produit un ébranlement du tympan, une condensation de l'air, etc. ; de là quelques sensations acoustiques ; mais elles n'ont aucun rapport avec l'irritation que l'électricité a produite. Les mêmes bruits se produisent, quand on introduit les électrodes dans l'oreille sans faire passer le courant.

Tous les observateurs avaient donc obtenu des ré-

sultats entièrement négatifs, et cependant un électro-thérapeutiste, Brenner, publia dans ces derniers temps toute une série d'observations très-singulières sur les sensations acoustiques qu'il prétend avoir obtenues à l'aide du courant constant. Il a même créé toute une pathologie électrique des maladies de l'oreille qui, naturellement, sont toutes guéries par son traitement électrique. Je n'exposerai point ici les théories singulières de Brenner, d'autant plus que j'ai répété plusieurs fois ses expériences sans pouvoir jamais confirmer ses indications d'une manière tout à fait exacte. Cette vérification n'a pas mieux réussi à beaucoup d'autres observateurs dignes de foi (1).

(1) Tout récemment le docteur Wreden a démontré par une grande série d'expériences laborieuses que les phénomènes acoustiques provoqués par l'électrisation de l'oreille, d'après la méthode de Brenner, dépendaient d'un déplacement des osselets auriculaires produit par la contraction du muscle interne du marteau ou du muscle stapédien. Ce sont donc les branches du nerf facial ou du nerf trijumeau qu'on excite par l'électricité, et non le nerf acoustique. Wreden a imaginé une méthode d'électrisation de ces branches, qui consiste à introduire une des électrodes par la trompe d'Eustache dans l'oreille moyenne. J'ai eu l'occasion de me convaincre chez M. Wreden lui-même de l'exactitude de ses principales expériences. Dernièrement, le docteur *Lawenberg*, auriste à Paris, a publié une méthode d'examiner l'action des courants électriques sur ces muscles : on introduit dans le conduit un manomètre traversé par un fil de cuivre qu'on relie à un pôle d'un côté, et qui, de l'autre côté, plonge dans l'eau salée dont on a rempli le méat. Les oscillations de la colonne de liquide indiquent les déplacements que les muscles impriment au tympan par l'intermédiaire des osselets.

CHAPITRE IV

EFFETS DE L'ÉLECTRICITÉ SUR LES DIFFÉRENTS ORGANES DU CORPS HUMAIN.

§ I. — Introduction.

Aucune partie de l'électro-thérapeutique n'offre, autant que celle-ci, les tristes preuves de la confusion qui règne parmi les électro-thérapeutistes. La cause principale de cette confusion est que les électro-thérapeutistes confondent toujours deux choses essentiellement distinctes : les lois de la physiologie spéciale des nerfs, et les lois sur les effets que les courants électriques produisent en général dans les nerfs et les muscles. Ainsi il y a, par exemple, des médecins qui parlent des effets de l'électricité sur le nerf pneumogastrique, sur le nerf sympathique et sur d'autres ; bien plus, ils vont jusqu'à faire des essais spéciaux pour étudier ces effets. Cette manière de voir est complètement fautive, cela saute aux yeux. Les effets de l'électricité sur le nerf pneumogastrique sont les mêmes que sur le sciatique ou sur tout autre nerf de l'organisme animal ; ce sont là les

effets dont nous avons traité dans le chapitre de l'électro-physiologie et dont nous avons appelé l'ensemble la science de l'excitation des nerfs et des muscles. Ces effets sont du domaine de la névro-physiologie générale.

Mais les effets que les électro-thérapeutistes considèrent comme les effets spécifiques de l'électricité sur tel ou tel nerf ne sont pas du tout produits par l'électricité; ce sont des conséquences qu'amène l'excitation ou la paralysie du nerf, et ces conséquences restent les mêmes, que l'on emploie comme exciteuse l'électricité ou tout autre agent, soit chimique, soit mécanique. Ces effets sont du ressort de la physiologie spéciale des nerfs et n'ont rien de commun avec les effets généraux des courants électriques sur le nerf et sur le muscle.

Il est très-essentiel de ne pas perdre de vue cette différence entre ces deux espèces d'effets.

L'électricité exerce absolument la même action sur tous les nerfs, qu'ils soient moteurs, sensitifs, régulateurs ou sécréteurs; cependant les effets palpables sont tout à fait différents: avec l'un on a une contraction du muscle correspondant, avec l'autre une sensation de lumière, avec le troisième un arrêt du cœur, avec le quatrième une augmentation de salivation, mais ces effets différents n'ont pas pour cause une action différente de l'électricité sur chaque nerf. L'excitation électrique a produit partout la même modification de l'état moléculaire; nous la désignons sous le nom d'état d'irritation. Mais si, mal-

gré l'identité de l'irritation, les effets sont totalement différents dans ces quatre cas, cela provient de ce que les nerfs qui sont essentiellement semblables aboutissent à des appareils différents : le premier à une fibre musculaire, un autre à une cellule salivaire, et ainsi de suite. Cette différence d'action des différents nerfs est connue en physiologie sous le nom de la loi des énergies spécifiques.

Dans les chapitres consacrés à l'électro-physiologie, j'ai déjà traité des lois générales qui président à l'action des courants électriques sur les nerfs et les muscles ; il est donc inutile d'y revenir ici. Je n'ai pas non plus l'intention de répéter la physiologie spéciale des nerfs. Mais si je vais parler ici des effets de l'électricité sur les différentes parties du corps humain, ce n'est pas que ces effets diffèrent en eux-mêmes de ceux que nous apprend la physiologie spéciale des nerfs, mais c'est parce que le mode d'application de l'électricité à l'homme amène forcément cette conséquence qu'ici les effets physiologiques produits sur un nerf ne peuvent ressortir et se distinguer nettement que dans des cas excessivement rares, tantôt parce que les parties que l'on considère, sont trop profondément situées, tantôt parce qu'il est impossible de ne pas exciter en même temps les nerfs voisins.

Si donc je parle des effets produits par l'électrisation de différents nerfs, je suis loin de tomber dans l'erreur commune dont je viens de faire justice. J'indiquerai seulement la manière la plus facile

d'atteindre ces nerfs chez l'homme; et, parmi les effets obtenus par l'électrisation, je montrerai ceux qu'il faut attribuer à l'excitation que l'on avait réellement en vue, et ceux qu'il faut mettre sur le compte de l'excitation nerveuse résultant de la propagation du courant.

§ II. — Résistance des tissus animaux.

Par les expériences de Lenz et d'autres, on savait déjà que les tissus animaux opposent au courant électrique des résistances colossales. Ce n'est que dans ces derniers temps qu'Eckhard entreprit de mesurer exactement ces résistances. Il est évident qu'il est de la plus grande importance de connaître la conductibilité des différents tissus, lorsqu'on veut appliquer l'électricité au corps humain. Par cette application le courant se ramifie en suivant les directions les plus diverses, et cette ramification est soumise aux lois (exposées plus haut) sur la division des courants électriques qui entrent dans des conducteurs non-prismatiques et de conductibilité différente; ceux-ci se propageront donc avec une intensité plus grande dans les tissus qui offrent une résistance moindre.

En réfléchissant sur ces lois, il devient ainsi évident que nous n'avons nullement besoin de connaître les conductibilités absolues des différents tissus pour juger de la ramification des courants électriques dans le corps humain; il nous suffira

parfaitement de connaître les résistances relatives de ces tissus. Les mesures d'Eckhard nous les ont justement fait connaître. Avant de donner ici les résultats obtenus par Eckhard, je dois encore faire observer qu'il est absolument impossible que deux parties d'un seul et même tissu aient des résistances spécifiques complètement égales. Comme il y a toujours de légères différences dans la structure ou dans le degré d'imprégnation des tissus par les liquides, il en résulte que la conductibilité spécifique des différents tissus ne peut pas être représentée par une valeur constante.

Dans les essais d'Eckhard la principale difficulté consistait à éliminer dans les conducteurs soumis à l'expérience, la polarisation que développait l'électrolyse des tissus.

La table suivante montre les résistances des différents tissus, comparées à la résistance du muscle lorsqu'on met cette dernière égale à 1.

TEMPS écoulé DEPUIS LA MORT.	NERF.	TENDON.	CARTILAGE.	OS.
24 heures.....	2,2	2,5	2,3	16 à 22
24 heures.....	2,4	2,3	2,0	
18 heures.....	1,9	1,8	1,8	

Si nous comparons ces chiffres aux quantités

d'eau contenues dans les différents tissus, nous voyons que la grandeur de la résistance est inversement proportionnelle à la quantité d'eau que renferment les tissus.

Voyons maintenant ce qui arrive, lorsqu'on fait communiquer les deux électrodes d'une batterie avec deux points quelconques du corps humain. L'électricité qui pénètre par le pôle positif dans le corps s'y répand de tous les côtés, et ne se rassemble de nouveau qu'au pôle négatif pour retourner par le fil conducteur dans l'élément. Tout le corps est ainsi parcouru par des courbes électriques, et pendant toute la durée de l'application des électrodes l'équilibre des deux fluides ne pourra nulle part se conserver intact. Que l'on fasse passer dans le corps des courants constants ou des courants induits, cet effet sera le même; il n'y aura que la différence suivante : avec des courants constants l'équilibre sera rompu pendant la durée de l'application des électrodes; avec les courants induits, il le sera seulement aux moments où un courant traversera le circuit. Il est donc tout à fait impossible au point de vue théorique de soumettre isolément n'importe quelle partie du corps humain à l'influence de l'électricité.

§ III. — Méthode de l'électrisation localisée.

Quoiqu'il soit complètement impossible de localiser d'une manière absolue les courants électriques

dans le corps humain, nous pouvons cependant les y faire pénétrer de manière à leur faire atteindre, dans les parties voulues, l'intensité nécessaire pour la production de certains effets, les diverses circonstances permettent de porter, dans certaines parties, l'intensité du courant à une hauteur déterminée; elles dépendent en partie de la nature du tissu organique, en partie des différentes méthodes employées pour l'application de l'électricité. A la première série appartiennent : 1° la différence entre les conductibilités, et : 2° la différence entre les irritabilités des divers tissus animaux. A la seconde série appartiennent : 1° la possibilité d'augmenter ou de diminuer l'intensité du courant au point d'application de l'une des électrodes en agrandissant ou en réduisant les dimensions de celle-ci; 2° la possibilité de maîtriser la répartition des courbes électriques en faisant varier la distance qui sépare les deux électrodes; 3° la possibilité de diminuer les résistances de l'épiderme en employant des électrodes humectées.

Discutons ces cinq facteurs, et voyons comment il est possible de localiser, avec leur aide, l'application de l'électricité. La plupart des propositions que nous allons examiner ici ont été trouvées empiriquement par plusieurs électro-thérapeutistes. Mais comme ils n'en possédaient pas l'interprétation rationnelle, ils commirent, en les appliquant, des erreurs qui exercèrent une influence défavorable sur les résultats que l'on cherchait à atteindre.

Ne comprenant pas ces propositions, on ne pouvait pas non plus leur donner un développement ultérieur; aussi l'électro-thérapeutique a-t-elle été restreinte jusqu'à présent aux quelques propositions que M. Duchenne avait établies. En donnant une explication rationnelle, je crois le rendre beaucoup plus fructueuses et plus susceptibles de recevoir des développements ultérieurs. Quelques-unes aussi seront déjà développées dans la discussion qui suit.

Nous pouvons être bref sur la signification des deux premiers points. Comme les divers tissus animaux sont doués de résistances spécifiques différentes, il est clair que la répartition du courant ne pourra se faire d'une manière égale : mais, d'après les lois que nous avons développées plus haut, l'intensité du courant atteindra une hauteur bien plus considérable dans les tissus qui offrent une résistance moindre que dans ceux où cette résistance est plus forte. Si donc on veut irriter ces tissus dont la résistance est moindre, on y arrivera tout simplement grâce à cette circonstance que les courants électriques traversent de préférence ces tissus; s'il est vrai que les courants ne seront pas isolés complètement des tissus voisins, mais, dans les tissus de conductibilité moindre, les courants électriques seront trop faibles pour y produire des effets perturbateurs quelconques.

Il est facile de comprendre que la différence d'irritabilité des tissus animaux permet aussi, dans

certains cas, d'obtenir avec l'électricité des effets isolés. En donnant au courant électrique une intensité égale dans les différents tissus, on irritera surtout ceux qui possèdent une irritabilité plus grande sous l'influence du courant électrique. Si l'on s'arrête à un courant d'une intensité exactement suffisante pour produire l'irritation dans les parties des tissus les plus irritables, on provoquera dans ceux-ci une irritation qui sera isolée, quoique cependant les tissus voisins soient traversés aussi par des courants électriques. Supposons que l'on se trouve en présence d'une partie superficielle où l'intensité du courant est beaucoup plus considérable que dans une partie plus profonde; il peut arriver que l'irritation ne se manifeste cependant que dans cette dernière; il suffira pour cela que celle-ci ait une irritabilité beaucoup plus grande que la partie superficielle. Ceci peut également avoir lieu avec les différentes parties d'un seul et même tissu, par exemple avec les différents muscles. Il est vrai qu'à l'état physiologique, il n'existe point de grandes différences dans l'irritabilité des muscles, et les données de M. Duchenne à cet égard sont évidemment exagérées et doivent provenir de différences d'intensité du courant pendant l'électrisation. Mais ces différences se présentent certainement dans les cas pathologiques et sont souvent tellement considérables qu'un médecin habile peut en tirer le plus grand profit pour obtenir des excitations isolées.

Je vais démontrer sur un exemple frappant comment

l'on peut utiliser la différence d'irritabilité des divers tissus animaux pour réaliser une excitation locale : dans les cas où la sensibilité cutanée se trouve notablement affaiblie ou a même disparu complètement, on peut à volonté employer des courants intenses pour provoquer l'irritation des muscles, sans avoir à craindre les effets secondaires du courant sur les parties sensibles de la peau. Nous pouvons aussi produire artificiellement des différences dans l'irritabilité des tissus, car plusieurs substances possèdent la faculté d'exalter l'irritabilité dans un tissu et de la diminuer au contraire dans un autre, par exemple, la strychnine, l'atropine, l'application locale du chloroforme, du froid, etc.

Quant au troisième point, c'est-à-dire la différence des dimensions des électrodes, c'est la loi suivante qui le régit : *le courant est d'autant plus intense dans les parties situées sous l'une des électrodes, que celle-ci est plus petite relativement à l'autre.* En effet, les courbes de courant se répartissent, à partir des électrodes, dans des sections transversales (plans isoélectriques) de plus en plus grandes, et, en prenant deux électrodes de grandeur très-différente, on peut facilement arriver à avoir, même à une distance assez considérable de l'électrode la plus petite, une intensité de courant beaucoup plus considérable que sous l'électrode la plus grande, de sorte que les parties situées sous celle-là sont encore irritées tandis que celles qui sont placées sous l'électrode la plus grande peuvent être considérées comme

soustraites à l'influence du courant. Il ne faut pas dans ce cas perdre de vue qu'immédiatement au-dessous de la petite électrode, l'intensité du courant est bien plus considérable que dans n'importe quelle autre partie profonde. L'électrothérapeutiste peut même se trouver obligé de neutraliser l'irritabilité du point d'application par l'emploi d'agents anesthésiants (chloroforme).

Passons maintenant à l'explication de l'influence que la distance des deux électrodes l'une de l'autre exerce sur la localisation des courants électriques. Nous avons montré plus haut (chapitre I) que, quand des courants électriques se répandent dans des conducteurs non prismatiques, les courbes électriques se dirigent de telle manière que la densité du courant atteint sa plus grande hauteur sur la ligne droite qui joint les deux électrodes ; elle diminue de plus en plus des deux côtés de cette ligne. Dans l'unité de temps il passe la même quantité d'électricité dans chaque section transversale faite perpendiculairement aux courbes du courant. Mais comme les sections les plus petites sont dans le voisinage immédiat des électrodes, la densité du courant doit y atteindre son plus haut degré (puisque là toutes les courbes du courant sont concentrées sur un espace plus petit).

Lors donc que nous dirigeons un courant électrique à travers une partie quelconque du corps, la densité de ce courant (et c'est elle qui importe le plus pour l'application de l'électricité à la médecine)

sera la plus grande immédiatement au-dessous des deux électrodes, elle sera moindre dans les parties qui relient ces électrodes, et elle décroîtra en raison directe de la distance qui sépare celles-ci du point considéré. On peut à la vérité, en renforçant les courants, leur donner, même dans les parties les plus éloignées, une intensité assez considérable pour produire des effets physiologiques ; mais alors toutes les autres parties que traverse le courant seront irritées en même temps. Si donc il s'agit d'électrisation localisée, il faut chercher d'une autre manière à renforcer la densité du courant dans les parties en question ; et entre autres moyens pour réaliser cet effet, nous possédons celui qui consiste à diminuer la distance qui sépare les deux électrodes. Car de l'explication que nous venons de donner il ressort clairement que la densité du courant est d'autant plus considérable dans l'intervalle des deux électrodes, que celles-ci sont plus rapprochées. L'exemple suivant, emprunté à l'ouvrage de Fick avec les dessins qui y sont ajoutés, fera comprendre par faitement l'influence que la distance des deux électrodes exerce sur l'intensité du courant. Appliquons les deux électrodes l'une, au deltoïde, l'autre à l'avant-bras. Mettons ces électrodes en communication avec la pile ; le courant se répandra dans tout le bras, et comme les résistances que les courbes du courant ont à vaincre en parcourant les muscles sont égales par suite de l'égalité de la distance parcourue, il en résulte que le courant se répandra presque unifor-

mément ; si donc on ne l'a pas choisi d'une force par trop considérable, il n'atteindra en aucun point du bras une intensité suffisamment grande pour pouvoir produire des contractions musculaires ; mais si le courant est assez énergique pour atteindre en tous les points du bras l'intensité voulue, tout le système musculaire du bras éprouvera des contractions ; cependant les muscles du tronc resteront en repos, quoique les courbes du courant viennent s'y diffuser également.

Changeons maintenant la position des électrodes et, au lieu d'en appliquer une seule sur le deltoïde, mettons-les-y toutes les deux ; l'intensité du courant n'a pas été changée, et cependant le résultat est tout différent. Considérons en effet la marche actuelle des courbes du courant ; nous voyons que, dans l'étroite section comprise entre les deux électrodes, elles se trouvent accumulées en quantité bien plus considérable que dans les parties latérales et les parties plus



Fig. 12. — Contraction musculaire.

profondes ; en effet, dans ce parcours plus petit, une quantité d'électricité beaucoup plus considérable se propage que dans les parcours plus longs, puisque ceux-ci, à cause de leur plus grande étendue, opposaient des résistances plus fortes à la propagation. En un mot, la densité du courant sera beaucoup plus

énergique dans le deltoïde que dans les muscles environnants, et si l'on emploie un courant d'une intensité convenable, ce sera lui seul qui éprouvera des contractions, tandis que tous les autres muscles resteront en repos.

L'expérience a appris que l'humectation de l'épiderme a pour résultat de faire pénétrer les courants dans les parties profondes. Par conséquent il faudra employer des électrodes sèches pour irriter les parties superficielles et cutanées, et des électrodes humides pour l'excitation des muscles plus profonds. Ces faits ont été trouvés empiriquement, en voici l'explication : L'épiderme sec offre au courant qui entre des résistances tellement grandes, qu'on peut presque le considérer comme ne conduisant



Fig. 13. — Contraction musculaire.

pas l'électricité. En tout cas, en employant des électrodes sèches, il ne pénètre dans la profondeur des tissus qu'une partie très-faible du courant total ; la quantité d'électricité qui a pénétré ne peut alors atteindre nulle part dans l'intérieur la densité nécessaire pour l'irritation du muscle ; surtout si, par suite d'un éloignement considérable des deux électrodes l'une de l'autre, l'électricité se trouve répandue uniformément dans tout le membre. Il s'agirait maintenant de savoir comment les nerfs sensitifs de la peau peu-

vent être irrités, malgré la faible quantité d'électricité qui se propage dans le corps. Cette irritation ne peut s'effectuer que de la manière suivante : L'électricité ne pénètre pas dans l'intérieur du corps sous forme d'un courant non interrompu, mais sous celle de rayons qui se font jour par les ouvertures naturelles qu'offrent les glandes sébacées et sudoripares; en effet, en ces points de la peau les résistances sont beaucoup moindres. Par suite de ce mode de pénétration, dans chaque rayon pris séparément la densité du courant est assez considérable; car les sections de tous les rayons ne forment ensemble qu'un total fort petit. Si donc un des rayons qui se font ainsi jour à travers la peau rencontre l'extrémité d'un nerf sensitif, il y produira une irritation. Mais les tissus situés sous la peau offrent en tous les points une résistance presque égale au courant; chaque rayon électrique s'y décomposera donc en une série de fils qui se répartiront également dans tout le membre, et le courant ne pourra nulle part atteindre l'intensité nécessaire pour provoquer une contraction du muscle.

Les choses se passent tout autrement lorsqu'on humecte l'épiderme. La résistance de la peau est alors considérablement diminuée et se trouve presque partout égalisée. Tout le courant électrique traverse l'épiderme sous forme d'un courant compacte et sans se scinder en une série de rayons. Mais par cela même qu'il ne perce pas à travers les lacunes de la peau sous forme de rayons distincts et

de petite section, mais qu'il la traverse en un seul faisceau dont la section est considérable, le courant ne pourra en aucun point de l'épiderme atteindre l'intensité nécessaire pour produire une forte irritation des nerfs de la peau. D'un autre côté, les courants qui agissent sur les muscles posséderont une intensité beaucoup plus considérable, quand l'épiderme, au lieu de sec, est humide, et ils provoqueront une irritation dans ces muscles. Les nerfs de la peau éprouveraient cependant encore une irritation assez considérable, malgré la faiblesse relative de la densité du courant qui traverse l'épiderme, si, pour éviter cette irritation, on n'avait recours à l'artifice suivant dans les cas où l'on se sert d'électrodes humides. L'on presse très-fortement les électrodes contre la peau et l'on rend ainsi insensibles les nerfs qui s'y trouvent. (Quelques électrothérapeutes ont tout à fait mal compris la modification que cette pression produit dans la peau : ils croyaient ainsi transformer la peau, la graisse et les muscles en une masse compacte et de conductibilité uniforme.)

Supposons que l'on se propose d'irriter fortement la peau, et qu'on soit obligé pour cela d'augmenter la distance entre les deux électrodes (ce qui affaiblira considérablement l'intensité du courant à cause de la grande résistance qu'offre l'épiderme sec) ; on fera bien alors d'employer deux électrodes dont l'une sera grande et humide et l'autre petite et sèche. C'est cette dernière que l'on applique à l'endroit de la peau que l'on se propose d'irriter. La résis-

tance de l'épiderme sec est assez considérable pour que toutes les autres résistances du circuit puissent être considérées dans ce cas comme nulles ; l'application d'une éponge humide comme électrode donnera donc une intensité de courant double de celle que l'on aurait avec deux électrodes sèches (car la résistance du circuit a diminué de moitié par le fait de l'humectation de l'épiderme) ; il s'ensuit que l'on produira une excitation très-intense au point d'application de l'électrode sèche, tandis qu'à celui de l'électrode humide la peau ne sera nullement irritée. Si au lieu de l'électrode sèche et petite, on emploie, non pas une plaque, mais un pinceau de fils, l'irritation de la peau sera encore bien plus énergique. Chaque fil du courant fournit en effet un point de passage à l'électricité, et la densité du courant sera très-grande en ces points. L'irritation des nerfs sensitifs sera d'autant plus considérable que le nombre des fils du pinceau sera plus grand ; la raison de ce phénomène est facile à comprendre : par suite de l'excessive grandeur de la résistance que l'épiderme sec oppose à la pénétration du courant, l'intensité de celui-ci ne dépendra que de cette résistance. Par conséquent le courant qui pénètre sera d'autant plus intense que le nombre des points où le courant se fait jour à travers l'épiderme, sera plus considérable.

Nous venons de voir l'influence des électrodes humides sur la densité du courant dans les muscles. Nous avons établi plus haut celle que le rapetissement et le rapprochement des électrodes exercent

sur cette même intensité; de l'examen comparatif de ces deux influences, nous pourrions déduire facilement les dispositions qu'il faut employer pour concentrer la densité du courant dans des muscles donnés. Il faut dans ce but prendre deux électrodes humides et petites et il faut les appliquer assez prêtes l'une de l'autre pour qu'elles reposent toutes les deux sur le même muscle. Si au lieu d'un muscle on veut irriter son nerf, c'est la plus petite électrode qui servira à l'irritation du nerf. L'irritation des muscles au moyen de l'excitation nerveuse offre certains avantages sur lesquels nous reviendrons plus tard.

D'après les développements dans lesquels nous sommes entré, on voit de quelle manière on peut obtenir une localisation de l'électricité et l'appliquer à l'électrothérapeutique. Nous allons résumer encore ce que nous avons dit.

Lorsqu'on veut obtenir une excitation énergique des nerfs de la peau, il faut donner à l'une des électrodes la forme d'une grande plaque couverte d'éponge et l'appliquer sur la peau préalablement humectée; la seconde électrode sera beaucoup plus petite et aura la forme d'une plaque métallique et mieux encore d'un pinceau métallique; on l'appliquera sur la peau sèche. Veut-on irriter des parties plus profondément situées, on appliquera les deux électrodes sur la peau préalablement imprégnée d'humidité. L'électrode que l'on applique sur le point à irriter doit être beaucoup plus petite que l'autre.

Les règles que nous venons d'indiquer conservent naturellement leur valeur, qu'il s'agisse de courants constants ou de courants induits.

En employant ces derniers, il devient nécessaire de déterminer d'avance la direction des courants dans la spirale secondaire; nous avons vu en effet que les deux pôles ne produisent pas la même excitation, c'est le pôle négatif qui a le plus d'action. On placera donc toujours le pôle négatif à l'endroit où l'on veut produire l'excitation la plus violente. Avec les courants induits dont la direction change à chaque fermeture et à chaque rupture du courant primaire, le même pôle sera alternativement positif et négatif; ces changements ne permettraient pas de choisir l'un des deux pôles comme pôle négatif, si le coup d'induction produit par la rupture n'avait pas, à cause de sa plus courte durée, une action physiologique bien plus énergique. Aussi néglige-t-on complètement le coup d'induction de la fermeture, en se contentant de déterminer la direction du coup de rupture; c'est pour cela qu'on emploie, au point où l'excitation doit être la plus forte, le pôle par lequel ce coup électrique sort du corps. (Il est évident qu'il ne faut pas adapter dans ce cas la disposition donnée par Helmholtz pour ralentir le coup de rupture.) Une fois qu'on a, dans l'appareil d'induction, obtenu la direction du coup d'induction, il faut encore avoir soin de conserver plus tard au courant de la spirale primaire la même direction que pendant l'expérience qui déterminait cette di-

rection ; car le changement de direction du courant dans la spirale primaire entraîne un changement correspondant dans le courant induit. On fera donc bien de marquer par deux lettres C et Z les deux extrémités du rouleau primaire et de les relier ensuite aux métaux correspondants (cuivre et zinc). C'est par l'électrolyse de l'iodure de potassium que l'on détermine le plus facilement la direction du courant dans la spirale secondaire. On réunit les deux extrémités de cette spirale avec deux fils métalliques que l'on place ensuite tout près l'un de l'autre sur un papier non collé et imprégné préalablement d'empois d'amidon et d'iodure de potassium. Si on rompt alors le circuit primaire, qui jusque-là était resté fermé, le courant d'induction de rupture prendra naissance dans la spirale secondaire et traversera le papier ; un peu d'iode se trouvera par électrolyse transporté au pôle positif et y formera une tache bleue.

Nous avons expliqué maintenant les principes les plus importants de l'électrification locale. Comme je l'ai déjà dit plus haut, la plupart des manœuvres que nous avons examinées avaient été trouvées empiriquement par M. Duchenne. Mais comme il n'en a pas donné l'explication rationnelle, elles restèrent enveloppées d'un nuage mystique qui ne contribua pas peu à les populariser chez les médecins. Bien des électrothérapeutes se figurèrent en effet qu'il suffisait d'employer une manœuvre incompréhensible pour obtenir des guérisons miraculeuses.

Aussi introduisirent-ils dans l'électrothérapeutique toute une série de nouvelles méthodes d'application, toutes aussi peu motivées qu'incompréhensibles et dont l'énumération ne me paraît pas indispensable.

En donnant ici l'explication des méthodes d'application, nous espérons avoir dissipé le nuage mystérieux qui les enveloppait, et avoir mis entre les mains du médecin les moyens nécessaires pour les utiliser et les perfectionner.

§ IV. — Galvanisation des muscles.

Examinons maintenant les méthodes d'électrification des différentes parties du corps et commençons par l'électrification des muscles.

M. Duchenne observa, en employant la faradisation localisée, que l'électrification de certains points des muscles est plus particulièrement favorable à la production des contractions. Il publia cette découverte sans rendre aucun compte de sa cause déterminante, et sans approfondir le phénomène qu'il avait observé. Il se contenta tout simplement de désigner, sous le nom de points de choix, les points par lesquels l'électrification provoque les contractions les plus énergiques.

Remak assista, en l'année 1852, avec plusieurs autres médecins à une séance de Duchenne et eut alors l'occasion d'admirer l'habileté avec laquelle celui-ci excitait chaque muscle séparément ; il trouva bientôt après que les points en question corres-

pendent aux points auxquels les nerfs moteurs entrent dans la substance musculaire. Ziemssen dans son électrothérapie désigna ces points tout spécialement et en donna un tableau. Il accompagna aussi cette description de remarques très-originales sur la manière d'agir de l'excitation intramusculaire (1), sur un mode de production de contractions excentriques, etc.; ces remarques reposent pour la plupart sur des idées erronées, sur la signification qu'on attache au mot d'excentricité en physiologie ainsi que sur le mode de propagation des courants électriques. Il affirme, par exemple, que la contraction qui se produit dans les muscles des orteils, par l'excitation du nerf crural, dépend d'un effet d'excentricité oubliant que la contraction d'un muscle doit toujours suivre l'excitation de son tronc nerveux, quel que soit d'ailleurs le point de ce nerf soumis à l'excitation. Ziemssen croit également que, lorsqu'on électrise le nerf crural, aucun courant ne peut pénétrer dans la cuisse. Plus tard Duchenne confirma aussi l'exactitude de l'explication que Remak avait donnée des points de choix, et prétendit même en avoir eu connaissance depuis longtemps.

Quoi qu'il en soit, il est clair que l'on peut, au moyen du courant électrique, irriter le muscle de deux manières différentes : indirectement par l'irri-

(1) On désigne sous le nom d'*excitation intramusculaire* l'irritation directe du muscle, sous celui d'*extramusculaire* l'irritation indirecte, celle qui se fait par le nerf.

tation du nerf qui commande le muscle, et alors on applique l'électrode négative au nerf et la positive au muscle, ou directement par l'application immédiate des électrodes sur le muscle lui-même. Quand faut-il employer l'un ou l'autre de ces modes d'irritation du nerf? A cette question il faut faire la réponse suivante : toutes les fois qu'il ne s'agit que de provoquer une contraction du muscle, il vaut mieux y arriver par l'excitation du nerf, et cela pour ce motif très-simple qu'on atteint ainsi son but avec des courants beaucoup plus faibles, partant beaucoup moins douloureux. En effet, non-seulement le tronc nerveux est par lui-même beaucoup plus irritable que le muscle; mais, de plus, en appliquant directement au muscle des courants de force moyenne, il n'y aura souvent de contraction que dans les fibres musculaires immédiatement en contact avec les électrodes, car c'est dans celles-là seulement que le courant aura la densité nécessaire pour produire la contraction. Si donc on voulait faire contracter de cette manière un muscle tout entier, il faudrait se servir de courants très-intenses.

S'il s'agit au contraire de soumettre le muscle aux effets polarisateurs du courant, il faut appliquer directement les électrodes sur le muscle. On peut aussi avoir recours à l'irritation directe des muscles par les courants électriques dans les cas pathologiques où l'irritabilité du tronc nerveux se trouve diminuée, tandis que celle du muscle s'est conservée intacte.

Pour irriter de grands groupes de muscles qui se rattachent à un même tronc nerveux, le mieux sera d'exciter ce tronc lui-même; si, à cause de sa position profonde, il devient difficile de l'atteindre, il faut, par une pression considérable, chercher à en rapprocher autant que possible l'endroit où la densité du courant est la plus considérable.

Nous allons maintenant passer en revue les places par où l'on peut le plus facilement atteindre au moyen des courants électriques les principaux nerfs moteurs.

On atteint le nerf facial en appliquant l'une des électrodes immédiatement au-dessous de l'oreille entre le processus mastoïdien et le prolongement articulaire de la mâchoire inférieure, et l'autre sur les ramifications isolées du nerf tout près de leur sortie de la parotide. On atteint très-facilement le rameau externe du nerf spinal dans la partie comprise entre le sternocléidomastoïdien et le muscle trapèze. Pour toucher le nerf phrénique, — il faut placer deux doigts sur le bord extérieur du sternocléidomastoïdien et presser la peau en dedans jusqu'à ce qu'on se trouve arrêté par le bord du muscle scalène antérieur; on glisse ensuite entre les deux doigts une mince électrode qui atteindra directement le nerf phrénique. Pour obtenir des contractions du diaphragme, chacune des deux électrodes doit être placée sur l'un des nerfs phréniques. On touche le plexus brachial dans sa portion sus-claviculaire entre les muscles scalènes antérieur et moyen. Parmi les

branches du plexus brachial, on atteint le nerf scapulo-dorsal sur le bord du muscle trapèze et au-dessous du nerf spinal, — les nerfs pectoraux postérieurs immédiatement au-dessus de la clavicule et au point où ils sortent du muscle scalène moyen, — le nerf sus-scapulaire avant son entrée dans l'échancrure coracoïdienne et extérieurement par rapport au muscle omo-hyoïdien, — les nerfs pectoraux antérieurs au-dessous de la clavicule sur le bord supérieur du grand pectoral.

On excite le nerf axillaire dans la partie supérieure de l'aisselle, et le nerf musculo-cutané dans le sillon qui se trouve entre le coraco-brachial et le biceps. On trouve le nerf médian au tiers inférieur de l'humérus à côté de l'artère brachiale, le nerf cubital entre l'olécrane et le condyle interne, le nerf radial au point où il sort du muscle triceps, c'est-à-dire au point où commence le tiers inférieur du bras.

La région la plus accessible du nerf crural est celle qui se trouve immédiatement au-dessous du ligament de Poupart sur le côté extérieur de l'artère crurale. On peut aborder le nerf obturateur dans le trou obturateur, en pressant fortement sur l'une des électrodes que l'on maintient perpendiculairement sur la branche horizontale de l'os pubien. On cherche le nerf sciatique soit dans le bassin même à travers la paroi postérieure du rectum, soit à sa sortie du grand trou sciatique, derrière la tête du fémur. Les nerfs péronier et tibial sont su-

perficiels dans le jarret ; le premier est situé près du contour postérieur de la tête du péroné, le second au milieu du jarret.

Pour trouver plus facilement le point où le nerf pénètre dans le muscle, il est bon de se rappeler que c'est généralement sur le bord de ce dernier que la jonction a lieu. Tout médecin qui veut mettre l'électricité à profit pour la thérapeutique, doit connaître exactement la position anatomique de ces nerfs. Aussi le mieux sera-t-il d'apprendre à trouver, avec l'électrode et chez l'homme vivant, ces points d'entrée des nerfs dans les muscles. On pourra très-bien, pour s'orienter, se servir de la carte de Ziémssen qui est imprimée à la fin de son livre.

Ajoutons encore quelques données sur l'électrisation de plusieurs muscles qui ne peuvent être irrités que directement (et non pas par leurs nerfs) ; ce sont les muscles oculaires et ceux du larynx.

Le muscle cricothyroïdien est le seul que l'on puisse atteindre du dehors ; on y arrive en posant deux électrodes pointues sur les deux côtés du ligament conoïde. Les autres muscles du larynx ne peuvent être irrités que par le pharynx. A cet effet, on donne à l'une des électrodes la forme d'une sonde recourbée et on ne la dénude qu'à l'une de ses extrémités que l'on introduit dans le pharynx. On atteint ensuite le muscle aryénoïdien transversal en posant l'électrode sur la face postérieure du cartilage aryénoïde. C'est par le sinus piriforme que

l'on atteint les muscles crico-aryténoïdiens postérieur et latéral. C'est sur les bords supérieur et antérieur du muscle crico-aryténoïdien latéral qu'on peut aussi arriver au muscle thyro-aryténoïdien. On atteint les muscles thyro-épiglottiques et ary-épiglottiques sur les deux côtés de la base de l'épiglotte.

L'électrisation isolée des muscles du larynx à travers le pharynx est rendue excessivement difficile par l'excitabilité de la muqueuse laryngée. Si donc on ne possède pas l'adresse technique que la difficulté de l'opération exige, on fait mieux d'exciter les muscles du larynx extérieurement à travers la peau. Pour cette irritation intra-pharyngienne, il ne faut avoir recours qu'à des courants très-faibles, et comme point d'application de la seconde électrode, on choisit le sternum.

La galvanisation isolée des muscles oculaires offre encore plus de difficultés, et celles-ci tiennent tant à la position profonde de ces muscles, qu'à la nécessité où l'on se trouve de n'opérer qu'avec des courants excessivement faibles dans le voisinage du globe de l'œil. Pour opérer cette galvanisation, le mieux sera de placer l'une des électrodes sur le front et l'autre sur le point de l'orbite oculaire le plus rapproché du muscle que l'on se propose d'irriter.

§ V. — Galvanisation du cerveau.

Passons maintenant à la galvanisation de la partie centrale du système nerveux. C'est Remak qui introduisit dans l'électrothérapie l'emploi de

l'électrisation du crâne pour produire l'irritation du cerveau. Voici comment on exécute cette électrisation du crâne pour laquelle on n'emploie que des courants constants : ou bien on applique le pôle cuivre sur les vertèbres cervicales et le pôle zinc sur l'une des bosses frontales, ou bien on place chacun des deux pôles sur l'une des apophyses mastoïdes. Plusieurs médecins ont nié que l'on puisse, par ces modes d'application, arriver à faire passer des courants électriques dans le cerveau. Mais nous avons vu que, lorsqu'on électrise l'homme, il est absolument impossible de mettre une partie quelconque de son corps à l'abri des courants électriques, à plus forte raison est-il impossible de soustraire le cerveau à leur influence, lorsqu'on fait passer un courant dans le crâne de la manière que nous venons d'indiquer.

Du reste les symptômes cérébraux, tels que vertige, bourdonnements d'oreilles, éblouissement, etc., qui se montrent lorsqu'on applique des courants électriques au crâne, démontrent directement que ces courants arrivent au cerveau à travers l'enveloppe osseuse. Nous en avons encore des preuves tout aussi concluantes dans les hémorragies du cerveau provoquées par l'électrisation de la cavité crânienne, dans certains cas où on se trouvait en présence de ruptures de vaisseaux imparfaitement cicatrisés.

Si le passage du courant à travers le crâne avait encore besoin d'une preuve expérimentale, elle

serait fournie par l'observation suivante que l'on doit à Erb. Il galvanisa le crâne sur des cadavres et observa alors des contractions dans des muscles de grenouille qu'il avait préalablement implantés dans le cerveau.

Benedikt conseille de recourir, dans les affections cérébrales, à l'électrisation des apophyses mastoïdes, sans indiquer du reste la raison de sa préférence.

Selon nous on peut abandonner complètement le traitement galvanique du crâne, et voici les raisons de notre opinion : lorsqu'on fait passer un courant à travers le cerveau, on ne peut avoir d'autre but que de provoquer l'irritation d'une de ses parties. Or si l'on considère premièrement, que ce n'est que dans les cas les plus rares que nous sommes capables d'indiquer avec quelque assurance le siège d'un mal cérébral ; deuxièmement, que ce n'est que pour une fraction très-minime de ces cas si rares, que l'irritation du cerveau peut être de quelque avantage ; troisièmement que même dans ces cas excessivement peu fréquents nous sommes incapables de provoquer, dans la région voulue du cerveau, une irritation isolée, même approximativement ; si l'on prend tout ceci en considération, on ne pourra faire autrement que de renoncer, comme je viens de le faire, à l'électrisation du crâne.

Nous avons vu plus haut que l'on ne peut arriver à l'irritation isolée des nerfs et des muscles qu'en cherchant à transférer la région de la plus grande

densité du courant à l'endroit que l'on se propose d'irriter. Mais il est impossible de faire ceci pour le cerveau : c'est en effet en son milieu que se trouvent les seuls organes (corps strié, couches optiques, pont de Varole) qui puissent nous fournir un diagnostic un peu certain, lorsqu'ils tombent malades, et encore ne le fournissent-ils que rarement ; tandis que les quelques parties du cerveau où il nous est permis de concentrer l'intensité d'un courant, sont au contrairesituées à la périphérie. Il faudrait donc irriter à la fois le cerveau tout entier, il faudrait que les masses électriques qui s'y propagent dans tous les sens, soient partout assez considérables pour provoquer une irritation ; ceci exigerait l'emploi de courants excessivement intenses. Du reste, tous les électrothérapeutistes sont d'accord sur ce point et regardent comme dangereux de diriger des courants intenses à travers le cerveau ; aucun d'eux n'emploie plus de 10 à 12 éléments de Daniel et encore ne fait-il durer l'action qu'une demi-minute au plus. Il est de toute impossibilité d'exercer la moindre action sur le cerveau avec des courants aussi faibles à cause des résistances colossales offertes par sa masse et par les os crâniens. En résumé, de deux choses l'une : ou les courants que l'on veut employer sont trop faibles pour produire un effet quelconque ; ou ils ont l'intensité nécessaire, et alors ils irritent également toutes les autres parties du cerveau, et il en résulte des inconvénients beaucoup plus grands que l'effet curatif que l'on veut atteindre. *Il faut donc re-*

noncer complètement à tout traitement direct du cerveau.

Du reste on ne connaît aucun cas qui puisse plaider en faveur d'un pareil traitement. Toutes les histoires de maladies qui se rapportent à cette question, peuvent se réduire à ceci : Un malade se présente chez un électrothérapeutiste avec les symptômes d'une affection nerveuse confuse ; celui-ci s'empresse aussitôt de poser le diagnostic d'une maladie cérébrale, qui est naturellement d'autant plus dangereuse que l'affection en elle même paraît plus faible : c'est toujours une excitation, un ramollissement ou une tumeur de la partie antérieure ou postérieure, droite ou gauche, du cervelet à une distance de tant et tant de millimètres du pont de Varole, etc. Sous le rapport de la précision le diagnostic ne laisse absolument rien à désirer. On traite le malade par de faibles courants dirigés à travers la tête, on ne dédaigne pas non plus d'avoir recours à d'autres méthodes de traitement, et si la position du malade s'améliore soit par un effet du hasard, soit par suite du traitement secondaire, l'électrothérapeutiste en conclut : premièrement que son diagnostic se trouve confirmé et qu'il existait une tumeur dans la partie du cerveau qu'il avait indiquée ; secondement que le remède souverain d'une pareille tumeur est un courant constant de dix éléments que l'on fait passer par le cerveau. On publiera l'histoire de ce malade, et elle fera fureur chez les médecins crédules, mais nuira

au contraire à l'électrothérapeutique dans l'esprit des médecins sérieux.

Telle est en général la valeur des observations que l'on donne comme preuve des effets curatifs obtenus. Dans la plupart de ces cas il faut encore savoir gré à l'électrothérapeutiste, quand il a vu réellement les améliorations qu'il indique et ne les a pas pêchées en l'air. Bienheureux aussi, quand les électrothérapeutistes sont assez modestes pour ne pas conclure de ces observations à la fonction physiologique de la partie du cerveau qu'ils avaient supposée malade : ceux qui ne le font pas sont en effet en petit nombre.

Mais s'il faut rejeter l'application directe des courants galvaniques sur le cerveau, nous ne perdons nullement pour cela la possibilité d'agir sur cet organe. Nous pouvons le faire indirectement et même avec succès, soit en irritant les nerfs sensitifs, soit en agissant sur les nerfs vasculaires du cerveau.

Jusqu'à présent on n'a presque pas essayé d'atteindre ce but par l'irritation des nerfs sensitifs. Lorsqu'on y avait recours, c'était généralement dans l'intention d'obtenir des effets réflexes dans les parties motrices par l'intermédiaire des centres nerveux. Mais il est évident que, par l'excitation des nerfs sensitifs, il est possible de provoquer l'irritation des organes cérébraux où ils aboutissent. Seulement, pour y arriver, il faut connaître exactement les appareils auxquels aboutissent dans les centres

nerveux les différents nerfs sensitifs. Ces excitations ne peuvent donc, dans l'état actuel de nos connaissances anatomiques, être appliquées que dans une mesure très-restreinte et seulement pour agir sur quelques organes supérieurs des sens. Et même pour ceux-ci la méthode d'irritation est encore à créer.

Déjà les électrothérapeutistes ont essayé l'action que produit sur le cerveau l'irritation de ses nerfs vasculaires. En traitant de la galvanisation du grand sympathique, je parlerai des méthodes qu'il faut employer pour réaliser cette action.

§ VI. — Galvanisation de la moelle épinière.

Nous venons de voir que l'on doit rejeter complètement le traitement direct du cerveau, parce que nous n'avons sur sa physiologie que des connaissances fort incomplètes et parce qu'il nous est impossible de localiser l'action du courant dans une partie quelconque du cerveau, même approximativement; tout au contraire la galvanisation de la moelle épinière est non-seulement d'une exécution facile, mais il faut encore, à cause des succès auxquels elle a conduit, la compter parmi les plus utiles méthodes d'application de l'électricité à la médecine. Déjà la forme de cordon allongé que possède l'épine dorsale, la rend éminemment propre à l'application localisée de l'électricité.

Nous allons toucher ici à quelques points qui se

rapportent à la galvanisation de la moelle épinière et qui ont donné lieu à des malentendus chez les électrothérapeutistes.

C'est à tort que les électrothérapeutistes voient dans l'enveloppe osseuse de l'épine dorsale un obstacle à son électrisation. Le peu de conductibilité des os fait au contraire que l'on peut, dans la galvanisation de la moelle épinière, obtenir des effets considérables avec des courants relativement faibles.

Pour s'en rendre compte, il n'y a qu'à se rappeler la loi que nous avons donnée plus haut sur la propagation des courants électriques dans des conducteurs non homogènes; elle dit en effet que dans chaque ramification du conducteur l'intensité du courant est inversement proportionnelle à la grandeur de sa résistance. Si donc nous faisons passer le courant dans deux conducteurs dont l'un conduit 10 fois plus mal que l'autre, l'intensité du courant sera dans ce dernier 10 fois plus grande que dans le premier. Or la conductibilité de la matière osseuse est au moins dix fois moindre que celle de la moelle épinière; si donc nous faisons passer un courant dans la colonne vertébrale et dans la moelle épinière, l'intensité du courant sera dans cette dernière au moins dix fois plus grande que dans les vertèbres, c'est-à-dire que le courant se propagera de préférence dans la moelle épinière, où il arrivera en passant par les ouvertures que laissent entre elles les apophyses (les ligaments qui ferment ces

ouvertures ont en effet une conductibilité qu'on peut sans erreur sensible considérer comme égale à celle de la moelle épinière).

Si la moelle épinière était entourée d'un tissu meilleur conducteur, de tissu musculaire par exemple, sa galvanisation se compliquerait de grandes difficultés. Il faudrait en effet employer des courants d'une intensité tout à fait extraordinaire pour leur faire acquérir dans la moelle épinière une force efficace; car la plus grande partie du courant se propagerait à travers ce tissu meilleur conducteur qui lui offre d'ailleurs un parcours moins long. En un mot, la faible conductibilité de la colonne vertébrale est favorable au plus haut degré à la galvanisation de la moelle épinière. Les électrothérapeutistes ont émis une opinion toute contraire, parce qu'ils interprétaient mal la loi d'Ohm d'après laquelle l'intensité du courant varie en raison inverse de la somme des résistances qui composent le circuit; ils en concluaient que, par suite de la grande résistance des os, le courant devait s'affaiblir considérablement dans son trajet jusqu'à la moelle épinière; mais ils perdaient ainsi de vue un point essentiel, c'est que ce sont toujours des conducteurs secondaires qui ferment le circuit, lorsque nous faisons passer un courant par le corps humain. La supposition des électrothérapeutistes n'eût été juste que si la colonne vertébrale seule avait complété le circuit. Mais en réalité nous avons, à côté de la colonne vertébrale, une fermeture secondaire,

relativement bonne conductrice, c'est la moelle épinière; c'est donc par elle principalement que le courant se propagera. Les muscles dorsaux sont une cause d'affaiblissement du courant bien plus importante que la colonne vertébrale. Ces muscles en effet sont au moins aussi bons conducteurs que la moelle, et ils relient les deux électrodes d'une manière plus directe; une grande partie du courant s'écoulera donc par cette voie. Heureusement la couche musculaire appliquée contre les vertèbres n'est que d'une assez faible épaisseur; en pressant donc les électrodes sur les deux côtés des apophyses épineuses, on peut faire que la moelle épinière devienne à peu près une ligne plus courte de leur jonction. Il devient ainsi possible de galvaniser la moelle sans employer des courants d'une force exagérée. Le mieux est donc de choisir pour cet usage des électrodes allongées et étroites que l'on puisse bien enfoncer dans les excavations existant sur les deux côtés des apophyses épineuses; il faut aussi bien humecter la peau. Par conséquent on peut avec des courants assez faibles obtenir dans la moelle épinière des effets considérables; voici comment je me suis convaincu de la vérité de ce que j'avance : j'eus à traiter une dame qui souffrait de la maladie de Basedow et dont le pouls était très-irrégulier; en appliquant à la partie cervicale de la colonne le courant fourni par 20 éléments de Daniell, je parvins immédiatement à régulariser le nombre des pulsations; et cependant les nerfs car-

diaques exigent des courants d'une intensité assez considérable pour entrer en irritation.

Le courant qui pénètre dans la moelle rencontre d'abord les racines et les cordons postérieurs ; s'il les irrite, cette irritation se propagera plus loin et pourra devenir utile indirectement. Ainsi, de plus, il est possible qu'une pareille irritation arrête une atrophie commençante des fibres de la moelle épinière ; il a été démontré en effet expérimentalement qu'en dirigeant des courants constants à travers des fibres nerveuses qui sont séparées des parties centrales, on peut arrêter leur dépérissement et accélérer leur régénération. De plus l'irritation des racines postérieures peut exercer une influence favorable sur l'irritabilité des racines antérieures ; car, ainsi que je l'ai montré ailleurs, l'irritabilité des racines antérieures est continuellement influencée par les postérieures (1).

Le courant agit principalement sur la moelle épinière en modifiant ses conditions de nutrition. Cette modification peut se faire soit directement par un effet d'électrolyse, soit indirectement par l'élargissement ou le rétrécissement des vaisseaux. Dans l'état actuel de nos connaissances sur les phénomènes chimiques qui se passent dans les centres nerveux, nous ne pouvons pas donner d'indications précises sur cette modification de la nutrition, mais

(1) E. Cyon, *De l'influence des racines nerveuses postérieures de la moelle épinière sur l'irritabilité des racines antérieures* (Mém. de l'Académie de Saxe, 1865),

il y a une chose certaine, c'est que les effets d'électrolyse, ainsi que les changements de dimension des vaisseaux, peuvent exercer une influence salutaire sur plusieurs maladies chroniques, en modifiant les sécrétions morbides, en facilitant leur absorption et en déterminant l'arrivée d'une plus grande quantité de matière nutritive.

Pour galvaniser la moelle épinière, on emploie exclusivement le courant constant. C'est premièrement parce que les effets électrolytiques appartiennent plus spécialement au courant constant, secondement parce que le courant induit provoquerait dans les centres nerveux une trop forte irritation ; aussi faut-il l'éviter en général dans toute application de l'électricité aux parties centrales. Il faut aussi donner la préférence au courant constant dans tous les cas où il s'agit d'irriter les nerfs vasculaires qui partent de la moelle épinière, parce que l'irritation continuelle produite par le courant constant peut les amener dans un état très-voisin de leur tonicité naturelle.

§ VII. — Galvanisation des nerfs sympathique, vague et dépresseur.

Passons maintenant aux modes que l'on peut employer pour électriser le nerf sympathique. Cette électrisation s'effectue de différentes manières. Remak, qui le premier introduisit la galvanisation du sympathique dans l'électrothérapie, l'effectuait en maintenant avec pression l'une des élec-

trodes au-dessous de l'angle de la mâchoire inférieure et en plaçant l'autre soit sur une partie quelconque des vertèbres cervicales, soit au-dessous du menton. C'est cette méthode qu'il croyait la meilleure pour atteindre le premier ganglion cervical. L'autre méthode de galvanisation est plus répandue; elle consiste à placer l'une des électrodes sur le bord intérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien à la hauteur du larynx, et l'autre soit sur le sternum, soit sur la même place que la première, mais du côté opposé.

Avant de discuter la question de savoir si l'on peut réellement de cette manière irriter le sympathique cervical, et avant d'examiner les irritations secondaires qui se produisent en même temps, je dois d'abord dire quelques mots sur le succès qu'il est possible d'obtenir par cette irritation, quand réellement le nerf est atteint par le courant.

La plupart des électrothérapeutistes croient qu'en excitant le sympathique cervical, ils peuvent agir sur les nerfs vasculaires de tout le corps. Ainsi ils prétendent, par exemple, qu'ils peuvent par la galvanisation du sympathique, arrêter une atrophie des muscles de la partie inférieure de la cuisse, dans les cas d'atrophie musculaire progressive; ils croient agir par cette galvanisation sur les vaisseaux et par suite sur la nutrition des muscles. Cette affirmation tient à une interprétation foncièrement erronée de l'importante fonction du grand sympathique découverte par M. Claude Bernard. On sait

que c'est sur le sympathique cervical qu'il démontra en premier lieu le rôle des fibres sympathiques comme nerfs vasculaires. Les électrothérapeutistes crurent comprendre que le sympathique cervical contenait tous les nerfs vasculaires du corps, et qu'il suffisait de l'atteindre dans le cou avec le courant électrique pour influencer la nutrition de tout le corps. Mais ceci est une erreur fondamentale. Le sympathique cervical ne dessert en effet les vaisseaux que dans quelques régions de la partie extérieure et intérieure du crâne (région de la division de l'artère carotide), et il ne fournit aucune espèce de nerfs pour les vaisseaux des autres parties du corps. Les nerfs vasculaires de l'extrémité supérieure ne sortent même pas de la moelle épinière avec les racines motrices qui forment le plexus brachial (Claude Bernard, E. Cyon); mais ils prennent naissance bien plus bas aux 3^e et 7^e racines dorsales; les nerfs vasculaires de l'extrémité inférieure partent des racines dorsales les plus voisines, et non de celles qui forment le plexus sciatique (Cl. Bernard). Mais le principal nerf vasculaire, celui qui dessert tous les vaisseaux des viscères abdominaux est le nerf splanchnique (Ludwig et E. Cyon). Par suite de la grande quantité de sang qui peut trouver place dans les vaisseaux des viscères abdominaux, le nerf splanchnique, qui commande ces vaisseaux, joue le principal rôle dans la distribution de la masse du sang à travers le corps. En l'irritant, on produit un engorgement de sang

dans les vaisseaux de la tête et dans ceux des extrémités; en le paralysant, on réduit à un minimum la masse de sang contenue dans ces parties.

L'irritation du sympathique cervical ne peut donc avoir d'autre effet que celui de rétrécir les vaisseaux de l'oreille, de l'orbite de l'œil, du visage et de quelques parties du cerveau (nous passons ici sous silence l'influence du sympathique sur la pupille et sur les glandes salivaires). On n'est nullement fondé d'attendre du traitement du sympathique d'autres effets sur les vaisseaux; on ne l'est pas davantage de conclure à d'autres fonctions de ce nerf en se basant sur les résultats obtenus par son traitement apparent. Les résultats que l'on a atteints pourraient du même droit être attribués aux autres nerfs situés dans le voisinage du sympathique et sur lesquels on agit certainement aussi, lorsqu'on galvanise ce dernier. Plusieurs nerfs se trouvent dans ce cas, et ils sont capables d'une action bien plus générale que le sympathique cervical. Nous ne mentionnons que les nerfs vague et dépresseur. Chacun de ces deux nerfs gouverne dans le corps des régions bien plus grandes que le sympathique cervical; on pourrait donc, à plus juste titre, attribuer à leur irritation les guérisons de quelques maladies, tels que atrophie des muscles, paralysie saturnine, etc., que l'on croit devoir à la galvanisation du sympathique. Et si l'on considère de plus près les fonctions de ces nerfs, il paraît beaucoup plus naturel d'attribuer les guérisons de plusieurs atrophies et paralysies à la gal-

vanisation du nerf dépresseur seul. La plupart de ces atrophies proviennent de troubles dans la nutrition provoqués par un spasme des muscles vasculaires. On ne peut donc mieux arrêter ces troubles qu'en se débarrassant du spasme vasculaire; l'irritation du nerf dépresseur, paralysant tous les nerfs vasculaires du corps, doit faire disparaître tout spasme vasculaire dépendant du nerf sympathique. Le sympathique cervical contiendrait-il même des nerfs vasculaires pour les autres parties du corps, que son irritation ne pourrait que faire accroître les troubles de nutrition dans les muscles atrophiés, car il augmenterait forcément la contraction des vaisseaux. Je ne veux pas dire pour cela que l'on doive absolument attribuer au dépresseur les succès que l'on aura pu obtenir; mais il est certain en tout cas qu'on est bien plus fondé de les mettre sur le compte du dépresseur que sur celui du sympathique. En attribuant ces guérisons au sympathique, non-seulement on ne pourrait pas les expliquer, mais il faudrait admettre pour ce nerf les fonctions les plus extraordinaires et qui seraient en flagrante contradiction avec sa physiologie.

En irritant le nerf sympathique, on produit en même temps, nous l'avons déjà dit, l'irritation des nerfs vague, dépresseur, laryngé et celle de la branche descendante du nerf hypoglosse. Si on voulait éviter ces effets secondaires, et n'agir que sur les vaisseaux de la tête, il faudrait rechercher les nerfs de ces vaisseaux à la partie supérieure des vertèbres

cervicales, d'autant plus que là on atteindrait aussi les nerfs vasculaires qui accompagnent l'artère vertébrale. — Les effets que l'on peut obtenir par la galvanisation du sympathique sont différents suivant le mode d'application de l'électricité. Ne fait-on qu'exciter ce nerf, on produira une contraction dans les petits vaisseaux de la tête et une augmentation de pression dans les grands. Cette modification des vaisseaux sanguins peut avoir une utilité en ce sens qu'elle pourra favoriser l'absorption de fluides transsudés et empêcher de nouvelles transsudations. Si on ne fait usage que des effets polarisateurs du courant constant, on pourra arriver à augmenter ou diminuer la tonicité des vaisseaux cérébraux, et amener ainsi une modification de pression du sang dans le cerveau ; il est possible que cette modification exerce à son tour une influence salubre soit en déterminant l'arrivée d'une quantité plus grande de matière nutritive, soit en supprimant les spasmes vasculaires, soit en chassant les thrombus dans les cas d'embolies et en rendant libres par conséquent les voies sanguines, etc. Les effets produits sur le cerveau peuvent évidemment en amener d'autres dans le reste du corps.

Si l'on veut exciter les nerfs vasculaires de l'extrémité supérieure, sans atteindre en même temps les nerfs sensitifs et moteurs de cette extrémité, le mieux est d'opérer ainsi : on place l'une des électrodes au point de jonction de la seconde côte et de la seconde vertèbre dorsale, l'autre au point d'émergence de la septième racine dorsale ; car, ainsi que je l'ai montré

ailleurs, ces nerfs vasculaires quittent la moelle épinière avec les 3^e et 7^e racines dorsales et se réunissent au plexus brachial en traversant le grand sympathique dorsal et le premier ganglion dorsal.

Lorsqu'il ne s'agit pas d'exciter isolément les nerfs vasculaires de l'extrémité supérieure, on peut placer l'une des électrodes sur la place qui correspond au grand sympathique dorsal et l'autre dans l'aisselle. Il sera bon aussi de faire mettre au malade l'extrémité que l'on veut traiter sur l'autre épaule, de cette manière, l'omoplate ressortira sur le thorax et l'on pourra approcher davantage du cordon latéral. On n'obtiendrait aucun résultat en plaçant l'une des électrodes sur les apophyses cervicales inférieures, l'autre dans la fosse supra-claviculaire, comme le font A. Eulenburg et H. Schmidt; car Claude Bernard a déjà montré que des vertèbres cervicales inférieures il ne part aucun nerf vasculaire pour l'extrémité supérieure du corps.

Pour atteindre isolément les nerfs vasculaires de l'extrémité inférieure, la meilleure manière consiste à placer l'une des électrodes dans la région des apophyses dorsales inférieures, l'autre sur les apophyses lombaires ou bien sur le point où le sciatique sort du bassin.

On aura rarement l'occasion d'électriser le nerf pneumogastrique. Si cependant on voulait l'électriser directement pour ralentir les mouvements du cœur, le mieux serait de placer l'une des électrodes dans la fosse supra-claviculaire en la rapprochant

autant que possible du point d'insertion du muscle sterno-cléido-mastoïdien, et de mettre l'autre électrode sur le bord intérieur de ce même muscle ; il sera bon de donner au courant la direction descendante. On obtiendra alors à chaque fermeture du circuit un ralentissement des battements du cœur.

Eulenburg et Schmidt ont tort quand, dans l'explication du ralentissement qu'on observe en donnant au courant une direction inverse, ils nient une action directe sur le nerf vague. Ils ont tort encore en mettant, sur le compte du sympathique, la diminution de tension de la carotide que l'on produit par ce mode de galvanisation ; car de deux choses l'une : ou l'électrisation, dans leurs expériences, a produit une action excitante sur les nerfs, et alors, par suite du rétrécissement des petites artères cérébrales et crâniennes, la tension a dû augmenter dans la carotide, ou bien le courant a eu au contraire une action paralysante, et alors une irritation réflexe du nerf vague devenait impossible. Le courant avait en effet dans ce cas la même direction dans le sympathique que dans les nerfs qui propagent les excitations dans la direction centripète, et comme l'excitation du dépresseur fait cesser celle du sympathique, les deux excitations ne pouvaient évidemment se montrer en même temps. Cette dernière circonstance montre aussi que, pour agir sur les vaisseaux du cerveau, l'on ne doit pas les exciter dans la région cervicale antérieure, ainsi que le font la plupart des électrothérapeutistes ; car l'excitation du dépresseur que l'on

produit en même temps que celle du sympathique peut empêcher toute action de ce dernier.

§ VIII. — Galvanisation des nerfs des sens.

Les règles de la galvanisation des nerfs sensitifs de la peau se déduisent directement des règles de l'excitation de la peau que nous avons exposées plus haut. Dans cette excitation on a toujours un phénomène secondaire inévitable, c'est l'excitation réflexe des nerfs vaso-moteurs. Heureusement cette action secondaire est ordinairement sans conséquences fâcheuses.

On produit l'excitation des nerfs olfactifs en introduisant dans la fosse nasale l'une des électrodes à laquelle on a donné la forme que ce mode opératoire exige, et en appliquant l'autre sur une partie quelconque de la moitié inférieure de la face. Le courant doit être très-faible, car autrement l'irritation du nerf optique que l'on produit en même temps, pourrait devenir par trop gênante.

Pour exciter les nerfs gustatifs, on applique les deux électrodes sur la langue, ou l'on galvanise soit le nerf lingual, soit le nerf glosso-pharyngien. On les atteint le mieux tous les deux en appliquant avec pression les deux électrodes immédiatement au-dessous de la mâchoire inférieure.

Les électrothérapeutistes s'imaginent que les nerfs optiques et auditifs ne peuvent être excités directement, mais seulement par voie réflexe. Ils croient que l'on excite le nerf optique par voie réflexe en appli-

quant l'une des électrodes sur le frontal et l'autre sur un point quelconque placé dans le voisinage de l'œil. Suivant eux, dans cette électrisation les fibres optiques ne seraient pas frappées directement par le courant.

Voyons quelles raisons ils peuvent donner de cette opinion qui contredit les lois de la ramification des courants. Ils partent de cette supposition que l'on peut, en excitant le trijumeau, exciter par réflexion les fibres optiques ; et, pour prouver que ceci a réellement lieu dans le mode de galvanisation que nous citons, ils disent que l'intensité des apparitions lumineuses dépend directement de l'irritabilité du trijumeau. Pour provoquer les mêmes phénomènes lumineux, il faudrait dans l'anesthésie de ce nerf employer des courants bien plus intenses que dans son hyperesthésie. De plus, en excitant ce nerf dans la langue, on obtiendrait des apparitions lumineuses bien plus fortes qu'en l'excitant par une autre de ses branches moins sensibles. L'insuffisance de ces preuves saute aux yeux ; on ne nous fournit en effet aucune donnée sur la force des courants employés, sur l'excitabilité du nerf optique dans ces différentes circonstances, sur la manière employée pour mesurer l'intensité des apparitions lumineuses, enfin sur le mode d'application des électrodes dans chaque cas. Les différences observées peuvent dépendre de différences individuelles, ou bien d'une variation de la grandeur des résistances intercalées pendant ces différentes opérations. On n'est pas en droit, sur des affirmations aussi vagues, d'attribuer de nouvelles

fonctions au trijumeau, surtout des fonctions qui se présentent aussi rarement que celles d'une action réflexe de certaines fibres seusitives sur d'autres. On est encore moins en droit de s'appuyer sur ces affirmations pour nier qu'il soit possible d'exciter le nerf optique par les fractions de courant qui l'atteignent. Il suffit en effet de se rappeler les lois de la propagation des courants électriques, pour être parfaitement fixé sur le point en litige, et pour acquérir la conviction que le courant doit encore avoir une intensité assez considérable dans le nerf optique, en employant le mode d'application décrit plus haut, c'est-à-dire en plaçant l'une des électrodes sur le front et l'autre dans le voisinage de l'orbite.

Cependant, dans ces derniers temps, on a cru avoir trouvé une nouvelle preuve de la production des apparitions lumineuses par action réflexe; cette preuve c'est ce fait observé par Jurk que dans quelques cas d'amblyopie et d'amaurose il est possible de provoquer une diminution ou une amélioration momentanée de la force visuelle en exerçant une pression sur les vertèbres cervicales ou sur les apophyses mastoïdes. Je dois avouer que je ne vois pas le rapport qu'il peut y avoir entre ce fait et celui de l'excitation indirecte du nerf optique par l'intermédiaire du trijumeau. Je comprends encore moins comment on peut voir dans les faits observés par Jurk une excitation par réflexion des nerfs vaso-moteurs.

C'est sur des raisons tout aussi défectueuses que l'on s'appuie, en expliquant par une réflexion les

phénomènes acoustiques qui se produisent lorsqu'on électrise le nerf acoustique par la méthode décrite plus haut. Les modifications que ces phénomènes éprouvent par les changements de direction du courant prouvent déjà la fausseté de cette explication. D'après Brenner, la loi des commotions de Pfluger se confirmerait sur le nerf acoustique ; mais presque toutes les expériences qu'il indique pour le prouver, ont été trouvées inexactes, et je me trouve d'accord sur ce point avec beaucoup d'autres physiologistes. La disposition même des expériences de Brenner suffit à elle seule (et Bézold l'avait déjà prouvé) pour démontrer l'impossibilité des résultats indiqués. Le seul résultat possible à obtenir par ses méthodes de galvanisation, c'était l'assourdissement des sensations acoustiques ; il ne pouvait en être autrement avec des courants aussi intenses que ceux dont il se servit (1). Brenner construisit des théories sur « les altérations malades de la formule », mais elles ne peuvent avoir aucune valeur, puisqu'elles reposent toutes sur des expériences inexactes.

Du reste dans le chapitre de l'électro physiologie de l'homme, nous avons déjà parlé plus au long de l'action que les courants constants exercent sur les nerfs des sens.

§ IX. — Durée et intensité de la galvanisation.

Les opinions des électrothérapeutistes sont très-

(1) Brenner, *Recherches et observations dans le domaine de l'électrothérapeutique*.

divergentes sur la durée des séances et l'intensité des courants à employer pour la galvanisation. Il n'y a d'accord que sur ce point, c'est qu'avec des courants induits, les séances ne doivent pas être prolongées au delà de 2 à 5 minutes. Dans ce laps de temps on obtiendra certainement l'excitation voulue, si en général il est possible de l'atteindre. Des séances plus longues ne feraient donc que fatiguer les nerfs qui ont pu être excités ; elles seraient tout à fait inutiles si l'excitation est impossible.

Il en est tout autrement quand on a affaire à des courants constants, et qu'il s'agit d'utiliser leurs effets qui modifient l'état du nerf ; ici on ne peut pas établir de lois générales, car tout dépend de l'état dans lequel on trouve le nerf.

S'il s'agit d'exercer une influence sur les nerfs vaso-moteurs, il faut en général prolonger assez longtemps l'action du courant (10, 15, 20 minutes). Une dilatation ou un rétrécissement momentané des vaisseaux ne conduirait en général à aucun résultat ; pour déterminer une résorption, pour élargir les voies vasculaires, il faut soumettre les vaisseaux à l'influence du courant pendant un temps prolongé.

L'expérience a démontré que, lorsqu'on applique les courants à la moelle épinière, il faut donner à peu près la même durée aux séances ; car dans ce cas ce sont généralement des effets électrolytiques et vaso-moteurs que l'on cherche à obtenir.

Des séances plus longues sont également néces-

saires toutes les fois que les courants sont employés pour arrêter la dégénérescence des fibres nerveuses.

L'intensité du courant doit être différente suivant les organes sur lesquels on agit, et suivant les effets que l'on cherche à obtenir. Ainsi par exemple lorsqu'on galvanise les nerfs des sens supérieurs, il ne faut pas se servir de courants trop intenses, parce que des irritations trop fortes pourraient avoir des conséquences dangereuses (perte de la vue, etc.). Il faut prendre les mêmes précautions, lorsque l'on opère avec les courants électriques dans le voisinage du cerveau; aussitôt que des vertiges apparaissent, il faut diminuer l'intensité du courant ou même suspendre entièrement la séance.

S'il s'agit de faire contracter un muscle séparément, on choisit un courant d'une intensité exactement suffisante pour atteindre le degré de contraction voulu. La même précaution est à employer dans les cas où l'on cherche à faire cesser la contraction de certains muscles par la contraction de leurs antagonistes.

Il faut en outre varier l'intensité du courant suivant les résistances que l'on a à vaincre. Ce n'est pas seulement la grandeur des résistances dans les conducteurs intermédiaires qu'il faut considérer, c'est aussi leur homogénéité avec les résistances des organes que l'on veut atteindre. Un exemple fera mieux comprendre l'influence que l'homogénéité des résistances doit exercer sur le choix de l'intensité du courant. Si on veut par exemple exciter des muscles

situés profondément et recouverts par d'autres muscles (la résistance de la peau est considérée comme éliminée par l'humectation et par la pression des électrodes), il faudra employer des courants très-intenses, pour que les parties de ces courants qui pénétrèrent jusqu'aux muscles profonds, y conservent encore une force suffisante pour les exciter. Ici en effet, par suite de l'homogénéité des conducteurs, ce n'est que la distance entre les électrodes et les muscles qui détermine la force des courants dans ces derniers, et dans ce cas la majeure partie de ces courants se propagera dans la couche musculaire superficielle. S'il s'agit au contraire de tissus entourés de substance osseuse, de la moelle épinière par exemple, il suffira, pour atteindre le tissu sous-jacent, d'employer des courants d'une intensité relativement faible, quoique l'enveloppe osseuse offre une résistance très-grande; en effet, comme les conducteurs ne sont pas homogènes, ce ne sera qu'une très-faible partie du courant qui se propagera par la colonne vertébrale, tandis que la partie de beaucoup la plus importante du courant traversera la moelle et le tissu musculaire dont la conductibilité est beaucoup plus grande.

C'est toujours à des fermetures secondaires que l'on a affaire dans l'application de l'électricité à la médecine; si l'on ne perd pas de vue ce point essentiel, il sera facile de déterminer l'intensité de courant nécessaire pour tous les cas qui pourront se présenter.

Si l'on attend du courant une action modificatrice,

on en déterminera l'intensité d'après les effets que l'on désire obtenir; cette détermination sera rendue plus facile, si l'on a égard aux lois de Pfluger sur l'excitation.

Voilà les règles générales pour le choix de l'intensité du courant, si l'on fait complètement abstraction des différences individuelles. Mais il est clair que c'est l'excitabilité individuelle qui exerce toujours sur ce choix la plus grande influence. Cette influence est soumise à la loi générale suivante :

L'intensité du courant doit toujours être prise en raison inverse de l'excitabilité des tissus sur lesquels on veut agir.

CHAPITRE V

MÉTHODES POUR POSER LE DIAGNOSTIC A L'AIDE D'UN COURANT ÉLECTRIQUE.

§ I. — Remarques préliminaires.

Les adversaires les plus décidés de l'électrothérapie ont fini eux-mêmes par se servir du courant électrique comme élément de diagnostic dans les affections des nerfs. Mais, à cause des idées erronées qui avaient été émises par ses fondateurs, cette méthode n'a pas acquis l'importance scientifique incontestable qu'elle mérite. Et d'abord, erreur capitale, ils se servaient du courant électrique sans se rendre compte des éléments auxquels ils allaient s'adresser. Ils commettaient la faute que nous avons déjà indiquée dans le chapitre précédent, c'est-à-dire qu'ils considéraient la réaction des organes, obtenue à l'aide du courant électrique, comme une action spécifique de l'électricité, au lieu de la rapporter aux fonctions physiologiques bien connues de ces organes eux-mêmes. C'est sous l'influence de ces idées que l'on a décrit la contractilité électro-

musculaire et la sensibilité électro-musculaire, erreurs qui sont encore fort répandues aujourd'hui. M. Duchenne considérait tous les phénomènes qui s'offraient à sa vue comme de nouveaux problèmes à résoudre. Il désigna sous le nom de contractilité électromusculaire la propriété qu'ont les muscles de se contracter sous l'influence de l'excitation électrique, et sous le nom de sensibilité électromusculaire les phénomènes de sensibilité qui se produisent au moment de l'excitation. Mais il n'existe, en réalité, ni contractilité électromusculaire ni sensibilité électromusculaire spécifique. On désigne en physiologie sous le nom de *contractilité* la propriété qu'ont les muscles de diminuer de longueur, quelle que soit du reste la cause de la contraction, à savoir la volonté, l'excitation chimique, mécanique, thermique ou électrique. La contractilité du muscle est une fonction qui dépend de sa structure et non point de la cause excitatrice qui agit. M. Duchenne a confondu l'excitabilité du muscle, c'est-à-dire la propriété qu'il a de passer de l'état de résolution à l'état de rétraction sous l'influence d'une excitation déterminée, avec la propriété de contraction. Une simple réflexion prouve que l'excitabilité et la contractilité sont deux propriétés tout à fait différentes. Il n'est jamais venu à l'idée de personne de nier la contractilité des muscles, tandis qu'il existe encore beaucoup de physiologistes et de cliniciens qui nient l'excitabilité directe du muscle. Si le muscle est réellement contractile, il entrera en contraction sous l'influence de

tous les excitants suffisamment forts. Mais le muscle peut perdre son excitabilité à l'égard de certains agents excitants, et la conserver pour d'autres. La distinction de ces deux fonctions n'a pas seulement une importance théorique ; les exemples suivants vont nous montrer qu'elle a aussi son importance pratique fondamentale. Le médecin excite un muscle à l'aide du courant électrique et n'obtient plus de contraction ; il admettra alors, d'après la théorie de M. Duchenne, que la contractilité électromusculaire a diminué. Mais il est fort possible que dans ce cas la contractilité musculaire soit restée parfaitement intacte, et que son excitabilité directe seule ait été affaiblie pour le courant électrique : la volonté ou une excitation chimique pourront encore provoquer une contraction du muscle. En un mot, il n'existe pas de contractilité électromusculaire spécifique ; il faut rayer cette expression de l'électrothérapie.

Il en est de même de la sensibilité électromusculaire. Les sensations qui se produisent au moment de l'excitation électrique sont de deux espèces : l'une est la sensation de la contraction, l'autre la douleur qui est provoquée par l'excitation directe des nerfs sensibles du muscle par le courant électrique. Aucune de ces deux sensations ne dépend d'une action spéciale du courant électrique. La sensation de la contraction musculaire reste toujours la même, quelle que soit l'excitation qui a provoqué la contraction ; la douleur serait également identique, si l'on faisait agir sur les nerfs sensitifs d'un muscle

des excitants chimiques ou mécaniques d'intensité pareille. Il n'existe donc non plus de sensibilité électromusculaire spécifique.

Une autre erreur des médecins qui se sont occupés d'électrothérapie était due à ce qu'ils agissaient sur des organes qui, chez l'homme vivant, n'offrent aucune réaction visible. Or, pour examiner un organe quelconque, il faut pouvoir, en premier lieu, en obtenir des réactions. Mais les muscles et les organes des sens nous offrent seuls des réactions appréciables : c'est donc à eux uniquement que doit s'adresser l'examen à l'aide de l'électricité.

**§ III. — Examen des muscles et des nerfs moteurs
à l'aide de l'électricité.**

Voyons quelles sont les parties de l'appareil moteur qui se prêtent à un examen électrique :

On distingue dans les nerfs deux états et deux propriétés physiologiques : d'abord l'état de repos, dans lequel le nerf est physiologiquement inactif; deuxièmement l'état d'excitation ou d'activité; puis, l'excitabilité du nerf, c'est-à-dire la propriété qu'il possède de passer du premier état au second, quand on le soumet à certaines influences que nous appelons excitantes; cette propriété du nerf peut être considérée comme une fonction des résistances que les parcelles nerveuses ont à vaincre pour sortir de l'état d'équilibre. Enfin la conductibilité du nerf, c'est-à-dire la faculté de propager la modification

moléculaire qu'il a éprouvée en un point quelconque de son étendue.

Dans un des paragraphes précédents nous avons parlé des modifications que le nerf éprouve pendant son excitation et des moyens d'observer ces modifications sur l'homme vivant. Nous allons indiquer les méthodes à employer pour éprouver sur l'homme vivant les deux propriétés du nerf que nous avons nommées en dernier lieu, c'est-à-dire son irritabilité et sa conductibilité. L'état de repos n'est pas sujet à être éprouvé chez l'homme vivant, puisque chez celui-ci nous ne pouvons obtenir du nerf à l'état de repos aucune réaction visible.

Dans les muscles nous devons distinguer : 1° l'état de repos ; 2° l'état d'excitation ; 3° l'excitabilité ; 4° la capacité de travail ; on mesure cette dernière par le travail que le muscle est capable d'effectuer lorsqu'il passe à l'état d'excitation. La capacité de travail est la propriété que l'on désigne ordinairement sous le nom de contractilité. Comme nous l'avons déjà dit, l'excitabilité du muscle doit être distinguée complètement de sa contractilité ; car chacune de ces fonctions peut éprouver des modifications en sens opposé. Ainsi il arrive par exemple que l'excitabilité du muscle augmente, tandis que sa capacité de travail diminue. Cet état se manifeste par les faits suivants : un excitant qui à l'état normal eût été inefficace, suffit pour produire une contraction ; mais celle-ci ne peut être augmentée même par l'emploi d'excitants beaucoup plus énergiques. Des états pareils se

présentent souvent dans les cas d'atrophie progressive, lorsque le muscle est arrivé au dernier degré de dépérissement.

Deux propriétés seulement du muscle peuvent devenir sujettes à l'examen électrique : ce sont l'excitabilité et la capacité de travail. Cependant ce n'est que dans des cas très-rares que ces deux propriétés peuvent être étudiées séparément chez l'homme vivant. C'est dans les deux cas extrêmes que ces épreuves distinctes peuvent se faire avec le plus de précision : 1° quand l'excitabilité du muscle a beaucoup diminué, pendant que sa capacité a beaucoup augmenté, ou ; 2° quand au contraire il est devenu beaucoup plus excitable, pendant que sa capacité a considérablement diminué. Dans tous les autres cas il devient très-difficile de décider à laquelle de ces deux fonctions il faut attribuer le changement pathologique qu'on observe à l'aide du courant électrique.

Tout ce que j'ai dit jusqu'à présent sur l'excitabilité s'applique à l'excitabilité propre du muscle. Je suis donc de l'avis des principaux physiologistes modernes qui attribuent au muscle une excitabilité propre.

Mais ce qui a été dit peut également s'appliquer au cas où l'on considère que l'excitabilité du muscle est due à des terminaisons intramusculaires des nerfs.

L'examen séparé de la capacité de travail et de l'excitabilité du muscle devient beaucoup plus facile quand on étend l'investigation aux nerfs moteurs.

Car, toutes les fois que l'on pourra avec certitude regarder l'excitabilité des nerfs moteurs comme normale, il sera facile de voir, si l'augmentation ou la diminution du travail musculaire doivent être attribuées aux modifications de sa contractilité ou à celle de son excitabilité.

Cette distinction sera encore plus facile, dans le cas où le malade produit encore volontairement l'innervation de ses muscles, et surtout dans les cas où les plus légères excitations électriques amènent des contractions considérables. Supposons en effet que l'on fasse produire au malade des contractions de muscles d'abord faibles, puis de plus en plus énergiques; de cet essai il ressort que l'impulsion volontaire la plus faible produit déjà le maximum de contraction, et ce sera la preuve d'une augmentation considérable de l'excitabilité du muscle. Il est évident que cette conclusion n'est vraie que dans les cas où l'on est certain de n'avoir affaire ni à une maladie des centres nerveux, ni à une hyperesthésie.

Heureusement de pareilles distinctions sont généralement sans importance pratique; des observations tant physiologiques que pathologiques ont en effet montré que dans la plupart des cas ces deux fonctions ne se modifient pas l'une sans l'autre. Les infractions à ce parallélisme des modifications sont les suivantes : ou bien l'excitabilité augmente, pendant que la capacité reste la même ou diminue, ou bien celle-ci reste invariable et l'excitabilité diminue. Dans les cas pathologiques du muscle il

n'arrive presque jamais que la capacité augmente lorsque l'excitabilité éprouve un affaiblissement (excepté peut-être pour quelques degrés d'hypertrophie musculaire, mais alors le diagnostic se trouve facilité d'une autre manière).

Dans les lignes qui précèdent nous avons indiqué un nombre suffisant de moyens permettant de reconnaître à l'aide de l'épreuve électrique une augmentation de l'excitabilité du muscle, quand sa capacité reste la même ou bien qu'elle diminue. En ayant recours à la volonté ou à l'excitation électrique, on peut également reconnaître une diminution d'excitabilité, la capacité restant la même; on n'y arrive cependant que dans le cas où le système nerveux ne se trouve pas atteint par la maladie.

Nous devons encore parler de quelques cas qui peuvent se présenter et dont l'interprétation se complique des plus grandes difficultés, quand il s'agit d'épreuves électriques. Parmi ces cas difficiles il faut placer en première ligne ceux dans lesquels les muscles se contractent sous l'influence de la volonté, mais ne donnent aucune réaction par l'excitation électrique. Il peut arriver dans ces cas deux choses : premièrement l'excitation directe du muscle ne donne aucune contraction, tandis que l'excitation du nerf correspondant en provoque; deuxièmement ni l'excitation directe, ni l'excitation indirecte ne provoquent de contraction.

Les électrothérapeutistes expliquent ces cas par des

maladies des nerfs intramusculaires. Quelques-uns même regardent cette opinion comme tellement naturelle qu'il leur parait inutile de l'approfondir davantage.

Il faut avouer que l'explication de ces faits est très-compiquée; chaque physiologiste doit le reconnaître, pour peu qu'il connaisse les difficultés colossales que rencontre dans certains cas la solution de la question suivante : a-t-on affaire à une paralysie des parties nerveuses périphériques, ou à une paralysie des extrémités des nerfs, ou des muscles eux-mêmes? Qu'on se rappelle seulement la discussion sur l'interprétation de la paralysie produite par le curare, où cependant on se trouvait placé dans des conditions beaucoup plus simples, puisqu'il était possible de faire toutes les expériences voulues, pour arriver à une solution (épreuve du multiplicateur, du myographe, etc.). Dans les cas pathologiques les conditions sont beaucoup plus compliquées, et de plus nous ne disposons que de moyens très-restreints pour arriver à une solution. Ce qu'on peut soutenir néanmoins avec une certitude complète, c'est que les électrothérapeutes ont donné de ces cas une explication inexacte; en d'autres termes, ces cas ne dépendent certainement pas d'une maladie des extrémités intramusculaires des nerfs. Peu de mots suffiront pour le prouver.

Il ne peut être question de paralysie des extrémités nerveuses intramusculaires, toutes les fois que l'on se trouve placé dans des conditions telles

que la volonté et l'excitation du nerf moteur produisent des contractions, tandis que l'excitation directe du muscle reste sans aucun résultat. Si nous paralysons en effet artificiellement ces extrémités nerveuses chez un animal, nous observons des phénomènes exactement inverses : ni la volonté, ni l'excitation du nerf moteur ne sont capables de produire une contraction, tandis qu'on en obtient par l'excitation directe du muscle.

La paralysie qui se montre dans l'empoisonnement par le curare dépend très-probablement d'une paralysie des extrémités nerveuses. On sait que ni la volonté ni l'excitation nerveuse ne produisent dans cette paralysie des contractions musculaires. — Mais même les cas où la volonté provoque des contractions, tandis que l'excitation des muscles et celle des nerfs sont incapables de le faire, ne peuvent dépendre d'une maladie des extrémités périphériques des nerfs. Cette maladie, en effet, ne peut consister que dans une perte d'excitabilité, et non dans une perte de conductibilité, autrement l'impulsion de la volonté ne pourrait arriver jusqu'au muscle. Mais si ces extrémités nerveuses sont conductrices, elles doivent aussi communiquer au muscle les excitations qu'elles reçoivent des troncs nerveux, et, dans ces cas-ci, l'excitation du nerf ne produit point de contractions; — ces cas ne peuvent donc pas être expliqués non plus par une perte de l'excitabilité dans les nerfs intramusculaires.

On ne peut donner d'explication rationnelle de

ces faits qu'en s'aidant de l'irritabilité propre des muscles; il faut admettre que celle-ci est éteinte dans les cas considérés et que par conséquent le muscle n'est irritable que par l'intermédiaire du nerf. Mais cette explication ne suffit que pour les cas où l'excitation électrique des nerfs donne encore lieu à des contractions; lors donc que cette excitation demeure inefficace, on est forcé d'admettre que ce n'est pas seulement l'irritabilité des muscles, mais que c'est aussi l'irritabilité des troncs nerveux qui se trouve éteinte, leur conductibilité étant conservée. — Voilà l'explication la plus simple pour les faits que nous venons de mentionner. Cependant on peut encore admettre une autre interprétation, quoique peu probable, c'est celle-ci : le muscle et le nerf ont perdu leur irritabilité pour les courants électriques, mais ils l'ont conservée pour l'excitation normale dépendante de la volonté. La possibilité d'une pareille explication repose sur quelques faits physiologiques. Je ne veux citer que les expériences par lesquelles Kühne rejeta quelques objections d'Eckhardt contre l'excitabilité des muscles. Quand sous l'influence de l'anélectronus un nerf est devenu inexcitable jusque dans ses extrémités périphériques, le muscle correspondant ne donnera aucune réaction pour des excitants électriques directs (Eckhardt), mais il en donnera pour les excitants chimiques, quelque faibles et de quelque nature qu'ils soient (Kühne). Si le muscle est susceptible de perdre son irritabilité pour les excitants électriques,

et de la conserver pour les excitants chimiques, ce ne sera pas faire une supposition hasardée que d'admettre qu'il peut également devenir inexcitable pour les excitants électriques, tout en conservant la faculté de réagir sous l'influence de la volonté.

Quoi qu'il en soit, les cas pathologiques dans lesquels l'irritabilité directe du muscle est éteinte, tandis que sa contractilité volontaire demeure intacte, tous ces cas sont pour nous de fortes présomptions en faveur de l'irritabilité intrinsèque du muscle.

Les électrothérapeutistes ont déduit de ces faits une règle de diagnostic fondamentale, mais fondamentalement inexacte. Ils prétendent qu'un muscle ne peut être malade, quand, quoique se contractant d'une manière anormale par l'excitation directe, il s'exécute des contractions naturelles sous l'influence de toute excitation indirecte. L'interprétation des faits, que nous avons donnée plus haut, montre au contraire que dans ces cas c'est le muscle lui-même qui est malade; cela devient évident par l'examen logique des faits.

Résumons maintenant les points essentiels que l'on peut avoir à considérer dans l'examen électrique de l'appareil-moteur; ce sont :

1° L'excitabilité du muscle par les excitants électriques; dans la plupart des cas on éprouve en même temps la capacité musculaire. Nous avons donné plus haut les moyens qui permettent d'utiliser les résultats obtenus par l'excitation électrique des muscles, et de s'en servir pour arriver à des

données distinctes et sur l'irritabilité et sur la capacité musculaires. Il ne faut pas dans ce cas commettre une erreur très-fréquente; il ne faut pas d'après la facilité plus ou moins grande avec laquelle le muscle se fatigue, décider la question de savoir si certaines modifications doivent être mises sur le compte de l'irritabilité ou sur celui de la capacité. La prompte lassitude d'un muscle peut en effet provenir tout aussi bien du peu de constance de son état d'irritabilité, que d'une diminution de capacité.

L'examen de la durée et de la forme de la commotion musculaire pourrait déjà bien mieux nous donner la solution de cette question, ainsi que celle de beaucoup d'autres qui concernent également la pathologie des muscles. Avec le myographe que j'ai construit et dont j'ai donné plus haut la description, il est devenu possible de mesurer la durée et la forme de cette commotion sur les muscles si nombreux des doigts et des orteils. Pour quelques autres muscles on pourrait, dans de pareils essais, utiliser le myographe de M. Marey (pinces myographiques);

2° L'excitabilité du nerf qui correspond au muscle. L'épreuve doit être faite sur plusieurs points de son parcours à l'aide de courants traversant soit la moelle épinière et le plexus, soit le plexus et le nerf, soit le nerf et le muscle. L'utilité de ces épreuves, ainsi que l'interprétation des résultats auxquels elles donnent lieu, sont tellement claires qu'il est inutile de s'y arrêter davantage;

3° La conductibilité du nerf moteur. Jusqu'à présent l'épreuve de cette propriété se réduisait à la recherche de la conductibilité absolue du nerf. Ses différences qualitatives n'ont pas encore été examinées jusqu'à présent dans les cas pathologiques, quoiqu'un examen de ce genre pourrait contribuer puissamment à éclairer les phénomènes pathologiques qui se passent dans les nerfs. De pareilles mesures ne pourraient évidemment être effectuée qu'en ayant recours à des dispositions qui permettent d'évaluer des espaces de temps excessivement petits ; ce qui conviendrait le mieux pour ce but, ce serait la méthode inventée par Helmholtz pour mesurer la vitesse de propagation de l'irritation nerveuse. De pareilles mesures ne seraient exécutables que sur un très-petit nombre de nerfs moteurs, parce que la plupart d'entre eux sont situés trop profondément. Pour ceux qui sont superficiels, il faudrait procéder de la manière suivante : on excite le nerf successivement en deux points différents, et on mesure chaque fois le temps qui s'écoule entre l'excitation et la commotion ; on a ainsi deux valeurs de temps dont on fait la différence ; cette différence n'est évidemment autre chose que le temps employé par l'excitation pour parcourir l'espace compris entre les deux points d'application de l'excitation ; on en déduit la vitesse de l'excitation dans le nerf en question et on la compare à la vitesse de propagation du nerf normal, cette dernière nous étant connue.

Il serait bon d'exécuter deux mesures semblables sur les deux nerfs symétriques.

Il est beaucoup plus facile d'examiner la vitesse de propagation dans les nerfs sensitifs; car la plupart d'entre eux sont situés superficiellement, et la production de sensations dont on a conscience nous donne un moyen facile d'estimer le moment précis où l'excitation commence.

Les électrothérapeutistes croient être fondés d'admettre des modifications dans la conductibilité d'un nerf, toutes les fois que l'excitation directe du nerf ou du muscle provoque des contractions, tandis que la volonté est incapable d'en produire. Mais cela n'est pas tout à fait exact; car les mêmes phénomènes peuvent se présenter, quand les parties centrales des nerfs sont devenues inexcitables, ou encore quand il existe un obstacle à la transmission soit dans le cerveau, soit dans la moelle épinière. En supposant même que l'on prouve que cet obstacle existe dans le système périphérique, on ne pourra encore rien conclure sur la conductibilité propre du nerf; car on ne sait pas si les parties nerveuses situées des deux côtés du point où la transmission est arrêtée ont conservé leur conductibilité normale.

§ III. — Examen des nerfs sensitifs.

Ce n'est que dans des cas très-rares que l'on emploie l'électricité pour examiner les modifications éprouvées par la sensibilité; car nous possédons des

moyens bien meilleurs et bien plus exacts pour faire un examen semblable. Dans ces derniers temps on a appliqué à l'oreille le diagnostic électrique de Brenner. Nous avons déjà eu occasion de dire que les indications de Brenner sont absolument dépourvues de valeur. Si on examine les sensations de la peau en ayant recours aux pinces de Weber, en faisant peser sur elle différents poids et agir différentes températures, on arrive à des résultats bien plus exacts qu'en employant l'épreuve électrique. L'électricité ne peut être employée en effet que pour éprouver la sensibilité douloureuse de différents nerfs sensitifs. Malheureusement les données que nous obtenons ainsi ne possèdent qu'une valeur très-relative par suite de nos connaissances défectueuses sur la physiologie des sensations douloureuses.

§ IV. — Examen électrique du sympathique.

Les électrothérapeutistes ont attribué dans ces derniers temps une grande importance à l'examen électrique du sympathique qui est cependant dépourvue de toute valeur, et même impossible pour ce motif très-simple que nous ne possédons aucun moyen pour produire chez l'homme vivant une réaction probable par l'irritation du sympathique. Les électrothérapeutistes disent à la vérité que le sympathique devient sensitif dans les cas pathologiques, et c'est sur cette sensibilité qu'ils dirigent leurs recherches. La doctrine de la sensibilité pathologique du

nerf sympathique est un des plus tristes témoignages de la méthode scientifique de certains électrothérapeutistes ; ce nerf est du reste l'organe qu'ils ont le plus maltraité dans ces derniers temps. Une connaissance même superficielle des lois actuellement en cours sur la physiologie générale des nerfs, suffirait seule pour faire comprendre qu'un nerf qui dans l'état physiologique n'est pas un nerf sensitif, ne peut pas non plus le devenir par un processus pathologique. D'après les principes de l'énergie spécifique, les différentes fonctions des nerfs dépendent des différents appareils auxquels ils aboutissent. Il est impossible qu'un travail pathologique ayant son siège dans un nerf ou dans l'appareil qui le termine, en change les fonctions à ce point que de nerf sensitif il devienne nerf vasculaire ou inversement. Il faudrait que les altérations pathologiques consistent dans une formation de nouveaux appareils terminaux des nerfs. Mais en adoptant même l'ancienne opinion, d'après laquelle les différentes fonctions des nerfs dépendent d'une différence dans leur structure fibreuse, il n'en reste pas moins inadmissible qu'un processus pathologique puisse changer la fonction d'un nerf. En un mot, il est complètement absurde d'admettre que par une maladie le sympathique puisse devenir sensitif. Les électrothérapeutistes se tireront d'affaire par un faux-fuyant ; ils diront qu'une observation pathologique vaut bien une observation physiologique, qu'on n'est donc pas en droit de nier un fait pathologique lors même qu'il se trouve en contra-

diction avec l'expérience physiologique. Mais ce faux-fuyant vaut tous ceux auxquels on a recours, et s'il y a contradiction entre les faits pathologiques et physiologiques, c'est que les premiers ont été mal observés. Voyons sur quels faits on base la sensibilité pathologique du nerf sympathique : on prétend que dans différentes maladies, par exemple dans l'atrophie musculaire progressive ou l'intoxication saturnine, on provoque des commotions partielles ou même totales en exerçant une pression dans la région du sympathique cervical ; mais en admettant même que ces commotions se produisent dans les circonstances indiquées, cela prouve-t-il la sensibilité du sympathique ?

Dans le voisinage immédiat du sympathique cervical sont placés beaucoup de nerfs sensitifs, tels que les nerfs vague, laryngé, dépresseur ; ils seront nécessairement irrités par cette pression ; par conséquent il n'est nullement nécessaire, pour expliquer ces commotions, de faire une supposition aussi hasardée que celle de la transformation des fibres sympathiques en sensitives par suite d'une maladie. Du reste, il ne faut pas oublier que la production de commotions réflexes ne plaide nullement en faveur de la sensibilité pathologique du sympathique ; car, en supposant même que ces commotions réflexes soient amenées par le sympathique, on n'est pas fondé de conclure pour cela à sa sensibilité.

Du reste il est très-possible que ces commotions

amenées par une pression dans le voisinage du grand sympathique, ne soient pas produites par une action réflexe. En effet, dans certains états d'irritabilité du cerveau, l'anémie que l'on y provoque lorsqu'on excite le sympathique suffit à elle seule pour amener des commotions.

C'est probablement aussi à la même cause qu'il faut attribuer les commotions que Remak appelait *diplegiques*. Remak désignait sous ce nom des spasmes engendrés dans quelques maladies par l'excitation électrique du sympathique et de certaines parties cervicales de la moelle épinière, et il déclara que c'était le grand sympathique qui produisait ces commotions par voie réflexe. Le docteur Fieber tenta plusieurs essais insignifiants pour confirmer la déclaration de Remak. Mais ni les suppositions de Remak, ni les expériences de Fieber ne prouvent rien en faveur de l'origine sympathique de ces commotions. Nous avons déjà donné plus haut une explication de ces commotions ; on pourrait aussi beaucoup plus simplement les interpréter de la façon suivante : par suite d'une augmentation excessive de l'irritabilité de la moelle épinière, il suffit, pour provoquer des commotions par voie réflexe, d'exciter les racines postérieures avec des courants qui à l'état ordinaire ne sont pas assez intenses pour donner lieu à des contractions. Il est évident que tout ce que nous venons de dire de la sensibilité pathologique du sympathique, n'a aucun rapport avec l'opinion de Claude Bernard, qui

affirme qu'il existe à l'état physiologique des fibres sensibles dans le nerf sympathique. Cette *coexistence* de fibres sensibles et vaso-motrices dans le grand sympathique est en effet un fait physiologique dont il n'est pas permis de douter.

Les électrothérapeutistes font aussi entrer la moelle épinière dans le domaine du diagnostic électrique. Tout ce qu'ils ont dit à ce sujet est inexact pour ce motif très-simple que nous ne pouvons produire aucune réaction visible chez l'homme vivant par l'excitation de la moelle épinière. Je crois donc superflu de faire ici une réfutation spéciale des opinions erronées que les électrothérapeutistes ont émises à ce sujet.

Nous devrions aussi parler dans ce chapitre des différences qui existent entre les réactions obtenues avec les courants induits ou les courants constants, lorsqu'on applique ces courants aux nerfs dans certains cas pathologiques. Pour expliquer cette différence, les électrothérapeutistes ont rencontré des difficultés, causées par une certaine préférence pour tout ce qui est énigme et mystère. Pour le physiologiste l'explication de ces faits ne souffrait aucune difficulté. Mais nous préférons n'entrer dans les détails de cette question que dans le chapitre suivant où nous traiterons des différences entre les effets des courants constants et des courants induits.

CHAPITRE VI

DIFFÉRENCES DES EFFETS PRODUITS PAR LES COURANTS INDUITS ET LES COURANTS CONSTANTS.

§ I. — Introduction.

Nous allons entreprendre une partie de l'électrothérapie qui a plus souvent que toute autre donné occasion de discréditer cette branche des sciences médicales aux yeux des médecins ainsi qu'à ceux du public. Quelle est celle de ces deux espèces de courants qui mérite la préférence? telle fut la question qui partagea tous les électrothérapeutes en deux camps opposés, et rarement combat scientifique a été soutenu des deux côtés avec autant d'acharnement que celui-ci; il faut avouer que ce combat scientifique fut amené en partie par des motifs complètement étrangers à la science et soutenu avec des armes très-peu scientifiques. Tout le monde en connaît l'histoire. M. Duchenne (de Boulogne), qui donna une direction nouvelle à l'application thérapeutique de l'électricité, se servait exclusivement de courants induits. Quant au courant constant, il se

contenta de le déclarer, en quelques mots, inutile et même nuisible. De la part du fondateur de l'électrisation localisée, c'était naturel d'être aussi exclusif. Pour lui il ne s'agissait que d'arriver à faire contracter isolément chaque muscle et de démontrer ainsi qu'il était possible de localiser le courant dans le corps humain. Pendant nombre d'années les médecins, se conformant à la doctrine de M. Duchenne, employèrent exclusivement le courant induit. Il était réservé à Remak d'introduire de nouveau le courant constant dans la thérapeutique. Ce qui détermina surtout Remak à essayer les courants chez l'homme malade ou sain, ce furent les travaux de Dubois-Reymond et de Pflüger concernant les effets des courants constants sur le nerf de la grenouille, et les remarquables travaux de Becquerel et de Faraday sur les effets électrolytiques des courants constants. Tout le monde sait que cet essai de Remak ne fut fait ni avec le calme indispensable, ni avec la rigueur scientifique nécessaire. Remak publia, sous le nom de *Galvanothérapie* (1), une série d'observations incomplètes et de conclusions hasardées; cette publication était peu faite pour arriver à faire remplacer dans l'électrothérapie le courant induit par le courant constant. L'attitude hostile de Remak envers le courant induit amena les électrothérapeutes à diriger contre lui les attaques les plus violentes qui étaient déterminées en-

(1) Remak, *Galvanothérapie ou de l'Application du courant galvanique constant*, trad. par Morapin. Paris, 1860.

core par beaucoup d'autres motifs que l'insuffisance des indications de Remak. Parmi ces motifs moitié scientifiques, mais moitié aussi non scientifiques, nous ne citerons que quelques-uns des premiers. C'est l'insuffisance de leur instruction tant physiologique que physique, qui empêcha la plupart des électrothérapeutistes d'apprécier à leur juste valeur non-seulement l'utilité du courant constant, mais encore les différences physiques des deux espèces de courants électriques. Presque tous les électrothérapeutistes s'imaginèrent que ces deux espèces de courants différaient essentiellement l'une de l'autre, ce qui les empêcha de comprendre que, le cas échéant, elles pouvaient toutes deux devenir utiles. La vertu curative de l'un des courants était pour eux une preuve de l'inefficacité de l'autre, et comme ils étaient habitués au maniement facile des appareils d'induction, ils persistèrent dans leur emploi, sans seulement faire l'honneur d'un essai au courant constant. Cette attitude par trop exclusive des adhérents du courant induit influa à son tour sur les doctrines de Remak; celui-ci avait d'abord admis pour certains cas l'utilité du courant induit, mais bientôt il le rejeta complètement et déclara qu'il ne pouvait être que nuisible. On remarqua que les nerfs et les muscles donnent dans certains cas pathologiques des réactions différentes avec ces deux espèces de courants, et cette observation ne contribua pas peu à confirmer la croyance à une différence complète entre elles.

Cette croyance des électrothérapeutistes ne tenait qu'à une erreur fondamentale. Les deux espèces de courants ne présentent en effet de différence que dans leur origine, leur durée et leur intensité; ce sont là des faits indubitables pour le physiologiste et le physicien, et il ne devrait pas être nécessaire de s'y arrêter davantage. Je vais montrer dans les lignes suivantes que la différence d'effets des deux espèces de courants ne dépend réellement que des différences entre leur durée et leur intensité. C'est en me fondant sur cette démonstration que j'indiquerai ensuite dans quels cas il faut employer l'un ou l'autre de ces deux courants.

§ II. — Observations pathologiques.

Je commence par exposer les cas pathologiques dans lesquels les nerfs et les muscles donnent lieu à des réactions différentes suivant que l'on emploie l'un ou l'autre de ces courants. Pour ces cas on s'est perdu longtemps dans des hypothèses extravagantes et des observations incohérentes; mais on a réussi enfin, par voie expérimentale, à en trouver la vraie explication que les physiologistes auraient d'ailleurs pu donner *à priori*.

Remak fit le premier pas dans cette voie; ses expériences comparatives sur l'effet du courant induit et du courant constant lui firent remarquer que dans certains cas le nerf et le muscle ne sont excitable que pour l'un des deux courants. Il dit en

effet (1) que l'excitabilité des nerfs et des muscles est ordinairement la même (autant que l'on peut en juger) pour les courants induits et pour l'entrée ou la sortie des courants constants, mais qu'il peut aussi arriver que l'excitabilité soit notablement différente pour l'un ou l'autre de ces courants, et que ces cas se présentent tant dans les membres sains que dans les membres malades, mais sont bien plus prononcés dans ces derniers.

Depuis cette époque, MM. Baierlacher, Schultz, Meyer, Ziemssen, Eulenburg et autres ont publié une série d'observations qui établissent toutes ce fait, que dans certaines paralysies, surtout dans celles du facial, le nerf et le muscle ne peuvent être excités ni par le courant induit, ni par la volonté, mais qu'ils donnent avec le courant constant des réactions normales ou même plus fortes que les normales. Quand la maladie se développe davantage, ces réactions éprouvent diverses modifications sous l'influence du traitement électrique. Ces modifications ont dérouté complètement les électrothérapeutistes, qui ont, en général, une propension marquée pour le merveilleux. Aucun d'eux n'est arrivé à distinguer l'essentiel de ce qui n'était que secondaire ; chacun s'appliqua dans ces cas à faire passer pour le point capital le phénomène secondaire variable qu'il avait lui-même observé. De plus on tenta d'utiliser les différences d'actions des courants induits et des courants constants, et de les faire

(1) Remak, *Galvanothérapie*, page 93.

Cron. Électrothérapie.

servir à démontrer l'efficacité exclusive du courant par lui employé. Cette confusion devint toujours croissante et dura jusqu'en 1864 où une observation de ce genre détermina un médecin rationnel, le docteur Neumann, à décider la question en litige d'une manière purement expérimentale ; il y réussit complètement. Dans cette recherche M. Neumann commença par formuler les deux questions suivantes (1) :

1° Quelle est la différence physique entre les deux espèces de courants, différence qui détermine leur différence d'action dans ces cas de paralysie faciale où le courant d'induction demeure sans effets, tandis que le courant constant exerce de l'action ?

2° De quelle nature sont les modifications pathologiques qui dans certaines maladies rendent évidentes ces différences physiques ?

Neumann abandonna à l'avenir la solution de cette seconde question qui exige des connaissances plus exactes que les nôtres sur la nature de l'excitation électrique ; mais il soumit immédiatement la première à une enquête expérimentale dont nous allons retracer les phases principales.

§ III. — Expériences de M. Neumann.

Nous devons ici prendre en considération quatre caractères principaux qui distinguent les courants induits du courant constant :

1° La succession rapide des coups du courant induit ;

(1) Neumann, *Deutsche Klinik*, 1864, n° 7.

- 2° Le changement de leur direction ;
- 3° La courte durée des courants induits ;
- 4° Les différences qu'il peut y avoir dans l'intensité.

Dès le commencement il devint évident que cette dernière circonstance n'était pas celle qui déterminait l'inefficacité des courants induits ; car dans les cas observés par M. Neumann, il suffisait d'une pile de Siémens de 6 éléments pour faire contracter les muscles, tandis qu'on ne pouvait produire cet effet avec les courants induits, même en plaçant l'une des bobines sur l'autre.

La succession rapide ou la direction alternative des courants induits pouvaient être l'une ou l'autre la cause déterminante de leur inefficacité ; pour décider cette question, M. Neumann excita les muscles paralysés par des coups isolés de rupture et de fermeture du courant induit, qui ne se succédaient qu'à de longs intervalles. Cette excitation resta sans effet sur les muscles du côté paralysé, tandis qu'elle donna lieu à des contractions énergiques dans ceux du côté sain.

Des quatre caractères qui distinguent les courants induits des courants constants, il n'en restait qu'un seul, celui de la courte durée du courant induit ; il pouvait donc seul déterminer l'inefficacité de ce courant. M. Neumann chercha à en fournir une preuve directe en réduisant à un minimum la durée du courant de la pile. Ses expériences démontrèrent qu'avec une durée momentanée, les courants con-

stants, même les plus intenses, demeure presque sans efficacité sur les muscles du côté paralysé, tandis qu'ils provoquent les commotions les plus violentes dans ceux du côté sain. Ces courants momentanés produisaient sur les muscles sains et les muscles paralysés des effets tellement différents que, quand M. Neumann faisait passer dans ces derniers le courant d'une pile de 50 éléments, ils restaient en repos, mais en même temps les muscles du côté sain qui étaient placés en dehors du chemin suivi par le courant principal, éprouvaient des commotions violentes. En un mot, le courant principal était incapable d'exciter les muscles paralysés, tandis que les branches secondaires qui se détachaient de ce courant, suffisaient pour produire des contractions énergiques dans les muscles sains. Lorsqu'on appliquait de la même façon les électrodes d'un courant d'induction, les mêmes phénomènes se produisaient.

En se basant sur ces expériences, M. Neumann arriva à la conclusion suivante : Les courants induits et les courants constants exercent sur les nerfs et les muscles paralysés des actions différentes, parce que les nerfs et les muscles ainsi modifiés ont perdu leur excitabilité pour les courants même les plus intenses, qui n'ont qu'une durée momentanée, tandis qu'ils l'ont conservée pour les courants dont la durée est plus longue. Cette conclusion de M. Neumann était parfaitement en accord avec les faits que déjà antérieurement Fick avait établis ; il avait en effet prouvé

que ce n'est pas seulement la variation de l'intensité du courant qui influe sur la production de l'excitation, mais que c'est aussi la longueur du temps pendant lequel le courant traverse nerf ou muscle avec une intensité constante. On se rend facilement compte du rôle que cette durée joue dans l'excitation, en considérant de plus près la loi de l'excitation établie par Pflüger. En effet, d'après cette loi, l'excitation des nerfs dépend du commencement ou de la fin d'un état particulier, l'électrotonus. L'excitation ne peut donc avoir lieu, si ces deux phénomènes, le commencement et la fin de l'électrotonus, se succèdent avec une rapidité telle qu'ils ne laissent pas entre eux un espace de temps suffisant pour que cet état particulier puisse se développer. C'est avec cette rapidité que les oscillations positives et négatives du courant se succèdent, comme on le sait, lorsqu'on excite par les coups d'induction. C'est ainsi qu'on explique comment dans certains cas, par exemple dans les paralysies citées plus haut, les coups d'induction même les plus énergiques peuvent demeurer inefficaces tandis qu'il suffit, pour exciter le nerf et le muscle, de faire commencer ou finir un courant constant faible.

Plus tard, l'explication de M. Neumann a été confirmée de toutes parts. Peu de temps après cette recherche, M. Neumann observa une semblable différence d'action entre les courants induits et les courants constants, en employant des grenouilles récemment mortes, et en opérant sur des nerfs et des

muscles qui dépérissaient. Il trouva qu'avant extinction complète de l'excitabilité, ces nerfs et muscles entrent dans un état d'excitabilité moindre, et pendant qu'ils sont dans cet état, les coups d'induction les plus violents sont incapables de produire l'excitation; mais il suffit d'une pile de Siémen's de 6 éléments pour faire contracter les muscles, soit qu'on les excite directement, soit qu'on excite leurs nerfs moteurs (1).

E. Brucke (2) a montré dernièrement que chez les grenouilles légèrement empoisonnées par le curare, les nerfs et les muscles se comportent comme dans les paralysies dont nous venons de parler, et montrent la même différence dans leurs réactions pour les courants induits ou constants. Brucke prouva de plus que, quand on fait agir sur les nerfs et les muscles des courants induits, c'est leur trop courte durée qui est cause de leur inefficacité. D'après lui, la substance musculaire serait même toujours insensible pour les courants de peu de durée; ainsi donc dans les grenouilles empoisonnées par le curare ce ne sont que les nerfs qui perdent leur faculté d'être excités par les courants de courte durée. Brucke croit donc que, toutes les fois que dans une paralysie les muscles sont restés excitables pour les courants d'induction, on sera fondé d'en conclure que les nerfs intra-musculaires ont conservé la faculté de

(1) Neumann, *Königsberger medizinische Jahrbücher*, 1864, t. IV.

(2) Brucke, *Wiener academische Sitzungsberichte math. naturwissenschaftl. Klasse*. 1868, vol. LVI.

fonctionner. Cette conclusion est parfaitement en harmonie avec les principes que nous avons établis dans le chapitre précédent en parlant de la signification diagnostique qu'il faut attribuer à l'extinction de l'excitabilité musculaire accompagnée de la conservation de l'excitabilité nerveuse.

§ IV. — Recherches sur l'excitabilité des nerfs séparés de leurs centres.

Il s'agissait de savoir comment les nerfs séparés du centre se comportent sous l'influence des courants induits ou constants ; pour y arriver, j'ai produit, chez des lapins, des paralysies artificielles en coupant ou en écrasant les nerfs moteurs sous la peau. A cet effet je me servais le plus souvent des nerfs tibial et médian. Avant l'opération, j'établissais par l'excitation à travers la peau, quelle était l'excitabilité du nerf en question pour les courants induits et les courants constants (à l'endroit voulu j'épilais et j'humectais la peau). Je faisais ensuite une petite entaille dans la peau à côté du nerf, puis je coupais celui-ci sous la peau ou bien je l'écrasais avec des pinces. Dans quelques cas j'écrasais le nerf sans inciser préalablement la peau. L'excitabilité du nerf et des muscles paralysés, pour les courants induits ou constants, était alors examinée chaque jour pendant des semaines et des mois. Voici les principaux résultats de ces expériences :

Pendant les huit ou dix jours qui suivent la paralysie des muscles, l'excitabilité de ceux-ci décroît

pour les deux courants; au bout de ce temps elle commence à augmenter pour les courants constants, mais en continuant toujours à décroître pour les courants induits. Dans les troncs nerveux l'excitabilité diminue constamment pour les deux espèces de courants, et ce mouvement descendant se continue aussi longtemps que dure dans le nerf le processus de la dégénérescence. Avec la régénération des fibres nerveuses, l'excitabilité des troncs nerveux augmente de nouveau pour les deux courants. Dans un des cas dans lesquels j'écrasai le nerf du lapin avec des pinces sans entailler préalablement la peau, j'observai que dix à douze jours après l'opération le nerf avait conservé son excitabilité pour le courant constant, mais l'avait perdue complètement pour le courant induit. J'excitai alors le nerf (nerf tibial) avec des courants constants d'une durée momentanée (suivant la méthode de M. Neumann), et je vis ce que M. Neumann avait observé sur l'homme, que l'excitabilité avait aussi disparu pour ces courants de courte durée. Par conséquent, dans ce cas, le nerf était resté inexcitable pour le courant induit à cause de la courte durée de celui-ci. — J'arrivai à un résultat analogue en expérimentant sur le muscle et en l'excitant par un courant constant et de courte durée; dans tous les cas, le courant constant produisait une commotion, tandis que le courant induit n'en donnait point; je parvenais aussi à rendre le muscle inexcitable pour le courant constant, en réduisant la durée de celui-ci à un minimum.

Ces expériences confirment donc les résultats obtenus par M. Neumann sur l'homme et par Brucke sur les grenouilles empoisonnées par le curare, c'est-à-dire que, toutes les fois que le nerf et le muscle sont irritables pour le courant constant, mais ne le sont point pour le courant induit, cette particularité ne tient qu'à la courte durée de ce dernier.

Erb, Ziemssen et Weiss exécutèrent dans ces derniers temps des expériences analogues sur des lapins et arrivèrent en général au même résultat. Erb chercha à démontrer dans son travail que les différences entre les réactions obtenues avec le courant induit et le courant constant doivent être attribuées au muscle malade, et non au nerf malade. Erb prétend qu'on a mal observé les malades dont l'histoire contredit son opinion, et chez lesquels les nerfs ont donné précisément des réactions différentes suivant qu'on les excite avec des courants induits ou des courants constants. Les résultats négatifs des expériences d'Erb ne fournissent aucun argument en faveur de son opinion; on peut seulement conclure de ces expériences que les modifications pathologiques qu'il produisit chez les lapins, n'amenèrent aucune différence entre les réactions du nerf sous l'influence du courant induit et celles obtenues sous l'influence du courant constant. Mais les observations faites sur l'homme malade n'en prouvent pas moins que dans le nerf coexistent simultanément et une irritabilité pour les courants constants et une passivité pour les courants induits. Les recherches de Brucke démon-

trent directement que l'opinion d'Erb était inexacte ; ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, Brucke fut amené par ses expériences à cette conclusion que la substance musculaire est inexcitable, même à l'état normal, par les courants de courte durée. Dans les expériences d'Erb et dans les miennes, nous avons vu les muscles paralysés être excitables pour les courants constants, mais rester inertes sous l'influence des courants induits ; l'observation de Brucke nous oblige à donner à ces faits cette interprétation, que ce sont les nerfs intro-musculaires qui ont perdu leur excitabilité pour les courants momentanés. Il faudrait naturellement donner la même interprétation aux observations faites sur l'homme. Nous avons vu plus haut que dans une de mes expériences le nerf tibial, quelque temps après avoir été écrasé, conservait encore ses réactions pour les courants constants, tandis qu'il les avait complètement perdues pour les courants de courte durée. Il est évident que j'avais pris dans ce cas toutes les précautions nécessaires pour me préserver des erreurs qui pouvaient résulter de la diffusion du courant. Je ne puis dire quelles circonstances particulières déterminèrent ici une réaction du nerf différente de celle des autres cas. Peut-être n'eut-elle lieu que parce que j'excitai le nerf dans un moment où il se trouvait par hasard dans l'état de dégénérescence auquel cette réaction est particulière. Quoi qu'il en soit, il est certain que l'opinion d'Erb est inexacte ; ce cas unique à la vérité, mais positif, concourt avec le ré-

EXCITABILITÉ DES NERFS SÉPARÉS DE LEURS CENTRES. 251
sultat des expériences de Brucke pour le démon-
trer.

Résumons tout ce que nous avons dit jusqu'à présent sur cette question ; il ressort de notre discussion *que, si le nerf et le muscle ne donnent point de réaction avec le courant induit, quand ils ont conservé leur excitabilité pour le courant constant, cela tient à la courte durée du premier.*

Ainsi nous avons amené vers une solution scientifique et satisfaisante un des points de controverse de l'électrothérapie, un de ceux où régnait certainement le plus de confusion, et celui qui avait contribué le plus à affermir les doctrines erronées sur la vertu exclusive de l'un ou de l'autre courant.

Une tout autre question est celle de savoir quelles sont les modifications pathologiques qui font que les nerfs et les muscles perdent leur excitabilité pour des courants de trop courte durée. La solution de cette question est déjà beaucoup plus compliquée, et n'appartient pas précisément à l'électrothérapie, mais plutôt à la pathologie des nerfs et des muscles. Ce qui constitue la principale difficulté de cette solution, c'est que nous n'avons aucune donnée certaine sur la nature et les conditions de l'excitation physiologique. Quelles sont les modifications chimiques et anatomiques qui se produisent dans un nerf, quand nous l'excitons par un courant électrique ? Nous sommes incapables de faire aucune réponse à cette question. C'est tout au plus si nous pouvons nous efforcer de rapporter à un changement de

position des molécules électriques dans les nerfs, les signes physiologiques par lesquels se manifeste l'excitation nerveuse. Par conséquent, aussi longtemps que nous n'aurons pas éclairci complètement la physiologie de l'excitation, nous serons incapables de répondre d'une manière satisfaisante à la question de savoir pourquoi, dans certaines maladies, le nerf et le muscle perdent la faculté d'être excités par des courants de peu de durée. Il est naturel que, pour les électrothérapeutistes, la chose n'est pas aussi impossible; pour eux point de mystère: ils connaissent la physiologie de l'excitation, ainsi que les phénomènes chimiques et anatomiques qui l'accompagnent; ils sont donc allés tout droit à l'explication des phénomènes nerveux et musculaires dont nous venons de parler. C'est M. Ziemssen qui choisit le chemin le plus court pour arriver à une pareille explication. Considérant les modifications pathologiques de l'excitabilité des nerfs et des muscles pour les courants induits et pour les courants constants, il divise ces modifications en cinq degrés, et à chacun d'eux il donne pour base anatomique un des degrés de l'altération nerveuse; pour cette dernière il établit également cinq degrés dont le premier correspond à la simple perturbation de la nutrition, le dernier à la destruction complète du nerf. Un peu plus tard Erb, Ziemssen et Weiss crurent décider la question d'une manière encore bien plus positive et plus exacte. Voici comment ils agissent: ils notent la marche, depuis longtemps

connue d'ailleurs, des phénomènes de dégénérescence, ils observent simultanément les différentes modifications de l'excitabilité nerveuse et musculaire, et expliquent ensuite ces dernières par les phénomènes de dégénérescence. Il est évident que de pareilles conclusions sont contraires à la logique. C'est raisonner par le : *post hoc, ergo propter hoc* : à tel et tel état de modification de l'irritabilité répond un certain degré de dégénérescence anatomique, donc cette dégénérescence est la cause qui engendre la modification en question. Erb va encore beaucoup plus loin dans cette série de conclusions ; en se basant en effet sur ces expériences, il prétend déterminer les parties du conduit nerveux qui servent à propager l'excitation et celles qui servent à la recevoir. Nous ne nous arrêterons pas plus longtemps sur de pareils procédés, et nous allons plutôt nous contenter d'indiquer brièvement les différents degrés et espèces de modifications que l'excitabilité peut réellement éprouver, ce sont celles qui ont été observées sur divers malades. Nous l'avons déjà dit, ce ne sera que lorsque la physiologie de l'excitation nerveuse aura fait des progrès reposant sur une base solide, que nous pourrons tenter une explication de ces phénomènes pathologiques.

Il est évidemment inutile de considérer ici tous les cas où les nerfs et les muscles se comportent d'une manière anormale sous l'influence des courants induits et constants ; nous nous contenterons d'examiner les cas dans lesquels le nerf et le muscle

ne sont irritables que par des courants ayant une durée plus qu'instantanée.

Dans tous les cas qui ont été observés jusqu'à présent, l'excitabilité des nerfs et des muscles était conservée pour les courants constants, et était éteinte pour les courants induits; dans tous ces cas le muscle et le nerf étaient paralysés également pour les excitations normales de la volonté.

Dans la plupart de ces cas où les courants constants pouvaient par conséquent seuls réagir sur le nerf et le muscle, l'excitabilité de ceux-ci était même augmentée pour ce genre de courant. Sous l'influence des courants constants, l'excitabilité croissait d'abord; après quelques opérations elle atteignait un minimum pour diminuer ensuite de nouveau. Cela dure jusqu'à ce que les mouvements volontaires se produisent de nouveau dans les parties paralysées. Quelquefois l'excitabilité nerveuse et musculaire augmente pour l'impulsion volontaire et diminue en même temps peu à peu pour les courants constants; souvent cette décroissance continue jusqu'à extinction complète. L'excitabilité pour les courants induits se comporte dans ces cas de deux manières: ou bien elle augmente à mesure que l'excitabilité pour les courants constants diminue (c'est ce qu'observèrent Schultz et Ziemssen); ou bien, malgré le retour des mouvements volontaires, elle reste longtemps complètement absente ou ne se montre que par l'excitation directe du muscle, et alors même elle est plus faible que du côté sain.

Dans ce dernier cas l'excitabilité pour le courant constant ne se montre également que par excitation directe du muscle.

Enfin il existe des cas où la mobilité volontaire revient, et où en même temps le nerf et le muscle restent excitables pour le courant constant et le deviennent pour le courant induit. (Eulenburg.)

Nous sommes obligé de renoncer provisoirement à l'explication approfondie de ces cas si divers. Plus tard nous donnerons des indications empiriques pour leur traitement par le courant constant et par le courant induit.

Nous pourrions exposer maintenant les différentes modifications pathologiques et anatomiques que nous avons observées en coupant ou en écrasant le nerf et le muscle, et nous pourrions, parallèlement à ces modifications, établir celles qu'éprouve l'excitabilité pendant les différents états de dégénérescences et de régénérations des nerfs et des muscles. Mais nous préférons ne pas le faire pour les motifs suivants :

1° Dans mes expériences les modifications de l'excitabilité étaient loin de correspondre toujours aux mêmes états de dégénérescence ; elles se présentaient au contraire de différentes manières et à diverses époques ;

2° Là où les modifications d'excitabilité avaient réellement correspondu toujours aux mêmes états de dégénérescence, on aurait pu être tenté de tirer de ce parallélisme une conclusion illogique et d'en.

déduire une relation quelconque de causalité entre ces deux phénomènes. Mais ce serait retomber dans la faute commise par Erb et Ziemssen, et nous tenons à nous en garder.

La marche de la dégénérescence dans les nerfs et les muscles est assez connue en elle-même, surtout depuis les travaux de MM. Vulpian et Courvoisier, pour qu'il soit inutile d'en faire de nouveau l'histoire; du reste cette exposition serait tout à fait déplacée ici.

Nous sommes parvenu plus haut à expliquer d'une manière exacte, pourquoi les nerfs et les muscles paralysés demeuraient inexcitables pour les courants induits, tout en conservant leur excitabilité pour les courants constants; ainsi nous sommes dispensé de nous arrêter sur cette foule d'explications grotesques que les électrothérapeutistes ont essayé d'établir pour ces cas. Mais nous tenons cependant à mentionner l'une d'elles, celle donnée par Eulenburg, parce qu'elle a trouvé une grande faveur chez beaucoup d'électrothérapeutistes. Eulenburg admet que le nerf possède par rapport à l'excitabilité trois énergies spécifiques différentes : une pour la volonté, une autre pour les courants induits, la troisième pour les courants constants; le nerf jouirait de la faculté de perdre séparément chacune de ces trois énergies spécifiques. Nous sommes obligé de faire remarquer que cette hypothèse est basée sur une mésintelligence complète de la loi des énergies spécifiques. Cette loi dit en effet que la différence entre les fonc-

tions des nerfs ne provient pas de leur structure différente, mais bien de la diversité des appareils auxquels ils aboutissent. Si donc Eulenburg admet encore trois nouvelles énergies spécifiques, elles ne pourraient provenir que de trois appareils terminaux différents. Mais c'est là une complication qui d'ailleurs n'explique rien et ne sert à rien ; car ici il ne s'agit pas de l'irritation des appareils auxquels aboutissent les nerfs, mais bien de l'irritation des nerfs eux-mêmes par des courants constants et induits.

§ V. — Autres différences entre le courant constant et le courant induit.

Jusqu'à présent nous avons parlé d'une des différences physiques qui existent entre le courant induit et le courant constant, de la différence de leur durée ; nous avons vu que c'est elle qui est la cause déterminante d'une des principales différences entre les effets des deux espèces de courants, dans leur application thérapeutique. Nous allons discuter les autres différences physiques qui existent entre les deux courants, et montrer qu'elles expliquent facilement leurs autres différences thérapeutiques.

Ce qui, outre la durée, distingue encore le courant induit du courant constant intermittent, lorsqu'on les fait agir sur les nerfs et les muscles, c'est la marche bien plus brusque de la courbe qui représente l'irruption du courant dans le nerf et le muscle. Il faut soigneusement distinguer cette irruption soudaine du courant induit de sa courte durée. Le temps

qui représente la pénétration du courant, c'est celui qu'il emploie pour croître depuis 0 jusqu'à sa valeur maximum ; la durée du courant, c'est tout le temps pendant lequel il existe. La durée de la naissance du courant induit est beaucoup moindre (infinitement petite) que celle du courant constant, et nous allons voir de suite que cette différence en amène une dans l'effet physiologique des deux courants, mais celle-ci est en sens contraire de celle que nous avons vue déterminée par la différence de durée de ces courants. La courte durée du courant induit fait que dans certains cas pathologiques il ne peut produire d'excitation dans le nerf et le muscle ; l'irruption subite de ce courant a pour effet au contraire de lui faire produire sur le nerf et le muscle une excitation bien plus *énergique* que le courant constant.

Pour faire comprendre ce qui précède, nous n'avons qu'à rappeler la loi sur l'excitation du nerf par le courant, loi que Dubois-Reymond a établie et que nous avons citée, dans un des chapitres précédents. Cette loi, la voici :

La commotion musculaire produite par le nerf moteur ne répond pas à la valeur absolue de l'intensité du courant à chaque instant, mais bien aux variations que cette intensité éprouve d'un instant à l'autre, et *l'impulsion motrice qui succède à ces variations est d'autant plus énergique, que ces variations sont plus grandes dans l'unité de temps ou qu'elles se succèdent plus fréquemment, leur grandeur restant la*

même (1). En d'autres termes, l'excitation que le courant fait naître dans le nerf est d'autant plus grande que l'oscillation d'intensité de ce courant a une durée plus courte et que cette oscillation est plus grande dans l'unité de temps. Comme l'apparition et la disparition du courant induit ont lieu bien plus rapidement, bien plus subitement que celles du courant constant, il en résulte que, toutes choses égales d'ailleurs, la force d'excitation d'un courant induit est bien plus grande que celle d'un courant constant. Lors donc qu'il s'agit d'obtenir une certaine excitation, un courant induit faible produira le même effet qu'un courant constant intermittent bien plus fort.

Nous déduisons de là deux importantes indications pour l'emploi des courants induits :

1° Dans tous les cas où il s'agit exclusivement d'obtenir une excitation de parties malades, il faut employer les courants induits, puisqu'on atteint ainsi son but avec des intensités de courant beaucoup moindres ;

2° Il faut éviter le courant induit toutes les fois qu'il s'agit de galvaniser des parties délicates et importantes telles que les centres nerveux, l'œil, etc.) ; car alors il est nécessaire d'éviter toute excitation violente.

La première de ces règles est nécessairement limitée par la seconde, et toutes deux peuvent être résumées approximativement dans l'unique loi suivante : L'emploi du courant induit est indiqué toutes les fois qu'il ne s'agit d'exciter que des nerfs

(1) Dubois-Reymond, *Recherches sur l'électricité animale*, tome I, p. 259.

et des muscles périphériques. Il est évident qu'il faut élargir cette loi en faveur du courant constant toutes les fois que le nerf et le muscle ne peuvent être irrités que par ce courant.

Nous verrons plus loin que la seconde des règles que nous avons établies est basée encore, en tant qu'elle se rapporte aux centres nerveux, sur d'autres différences physiques entre les deux espèces de courants, c'est-à-dire : l'emploi du courant constant dans l'électrisation des parties centrales du système nerveux est également indiqué par d'autres particularités de cette espèce de courant.

Tout ce que nous avons dit de la plus grande force d'excitation du courant induit, trouve son entière application pour l'électricité statique. Si les coups d'une machine électrique produisent une excitation violente, c'est à cause de leur irruption subite ; cependant l'électricité de frottement ne trouve point d'application en médecine ; cela tient à ce que la science médicale n'est jamais dans le cas d'employer des excitations tellement énergiques que les appareils d'induction dont nous disposons, ne soient plus que suffisants pour les produire.

Il y a une troisième différence physique entre les coups des courants constants et ceux des courants induits, tels que nous les obtenons avec nos appareils ordinaires, c'est le changement continu de direction qui a lieu avec les coups d'induction ; car le coup de rupture est dirigé en sens contraire du coup de fermeture. On pourrait à la vérité éviter

cette différence à l'aide d'une manœuvre qui consisterait à ne laisser agir sur le corps que l'une des deux espèces de coups électriques (soit de fermeture, soit de rupture). Mais les intervalles entre deux excitations successives seraient alors augmentés.

Nous n'avons encore parlé que des différences physiques qui existent entre les coups électriques des courants induits et ceux des courants constants. Nous supposons donc jusqu'à présent que c'étaient les coups de fermeture et de rupture qui agissaient seuls sur le corps, et que l'on employait par conséquent un courant constant intermittent. Nous avons vu qu'entre les coups des courants d'induction et ceux d'un courant constant intermittent, il existe des différences physiques qui en amènent d'autres entre les actions physiologiques des deux espèces de courants ; nous devons avoir égard à ces dernières différences, quand nous avons à choisir l'un ou l'autre de ces courants pour une application thérapeutique de l'électricité. Nous avons vu que la durée momentanée des courants induits les rend souvent incapables, dans les cas pathologiques, d'exciter le nerf et le muscle ; nous avons vu de plus que, par suite de leur irruption soudaine, les courants induits produisent des excitations beaucoup plus énergiques que les courants constants, tout en n'ayant qu'une intensité beaucoup plus faible. Enfin nous avons encore vu que, lorsqu'on ne veut employer pour l'excitation que des coups électriques de même sens, il vaut mieux éviter les appareils d'induction.

Ce sont là des différences qu'on est obligé de prendre en considération dans l'application de l'électricité à la médecine, mais qui ne nous donnent pas d'indications *essentiell*es sur le choix de l'une ou de l'autre espèce de courants. Nous allons examiner maintenant celles des différences physiques entre les deux espèces de courant, qui sont d'une importance tellement capitale qu'elles déterminent aussi des indications *essentiell*es pour l'application thérapeutique de l'un et l'autre courant.

Ces différences physiques sont :

- 1° La constance du courant de la batterie;
- 2° Sa grande force électrolytique.

La première de ces deux différences est la différence de durée entre les deux espèces de courant ; nous en avons déjà parlé plus haut. Il n'y a que cette distinction à établir ; c'est que là nous comparons la durée du coup d'induction à celle du coup de fermeture ou de rupture du courant constant, tandis qu'ici nous la comparons avec la durée du passage d'un courant constant. Là nous avons vu que dans certains cas de paralysie les coups de rupture d'une batterie constante sont préférables aux coups d'induction, en ce que ces derniers, à cause de leur trop courte durée, sont incapables d'exciter les nerfs et muscles paralysés tandis qu'ils excitent les nerfs et les muscles à l'état normal. Ici au contraire nous voyons que les coups d'induction, à cause de leur trop courte

durée, sont en général incapables d'exercer sur le nerf et le muscle les influences modificatrices que le passage prolongé d'un courant constant peut seul produire.

Cette différence n'a pas été appréciée à sa juste valeur par tous les électrothérapeutistes. Ils pensaient qu'il suffisait de faire agir plus longtemps un courant induit pour obtenir les mêmes effets que ceux qui sont produits sur le nerf et muscle par le passage d'un courant constant. Mais c'est là une grande erreur. Le courant d'induction, qu'on le fasse agir aussi longtemps qu'on voudra, ne donnera jamais qu'une série d'excitations, c'est-à-dire qu'il aura une action analogue à celle que les oscillations d'intensité du courant constant exercent ordinairement sur le nerf ; mais jamais il ne pourra provoquer dans le nerf les mêmes effets qu'un courant d'intensité constante. Dans le chapitre de l'électrophysiologie nous avons parlé en détail des principes de l'irritation nerveuse ; il suffira de considérer ces principes pour se rappeler quelles sont les différences entre les effets exercés sur un nerf d'un côté par le passage d'un courant constant, de l'autre par le passage d'un courant dont l'intensité oscille.

Il est inutile de parler de nouveau ici de la nature des effets modificateurs produits par le courant constant, car nous avons déjà traité cette question avec détails dans le troisième chapitre.

On m'objectera ici que les courants constants ont

été employés trop rarement en médecine dans le but d'obtenir leurs effets électrotoniques, pour que l'on puisse leur attribuer une valeur thérapeutique quelconque, que par conséquent aujourd'hui on n'est pas encore en droit de donner au courant constant des avantages quelconques sur le courant induit, pour ce seul motif que ce dernier est dépourvu de l'action modificatrice qui est propre au premier. Mais il nous est très-facile de prévenir cette objection par les considérations suivantes :

Le but de la précédente discussion n'est pas du tout de revendiquer pour l'un des deux courants des avantages sur l'autre ; au contraire, nous voulons rechercher quelles sont les différences physiques entre les deux courants qui déterminent la diversité de leurs effets physiologiques, et pourquoi l'application de chacun de ces courants doit répondre à ces indications thérapeutiques différentes.

Les électrothérapeutistes se divisent en deux camps; ils prétendent tous avoir obtenu tous les effets curatifs possibles, mais les uns disent qu'ils y sont arrivés avec le courant constant, les autres avec le courant induit ; chacun attribue à la source d'électricité qu'il emploie des effets curatifs particuliers, mais ils sont tous incapables d'expliquer rationnellement pourquoi c'est tantôt le courant constant, tantôt le courant induit qui nous est utile, parce qu'ils ne sont pas toujours en état d'indiquer les véritables différences physiques et physiologiques

qui existent entre les deux espèces de courant. Pour nous il s'agissait donc de donner de ces différences une explication véritablement scientifique, afin que dorénavant on ne se laissât plus guider que par des raisons scientifiques et rationnelles dans le choix d'un courant pour un cas donné, et afin qu'on ne se décidât plus d'après le caprice, le goût ou d'autres motifs semblables. Si jusqu'à présent nous ne pouvons indiquer tous les cas où certains effets du courant constant peuvent devenir utiles, cela tient en partie à l'état d'imperfection dans lequel se trouve encore la névropathologie, mais en partie aussi à cette circonstance que les électrothérapeutistes ne se sont presque jamais servis du courant constant d'une manière systématique et rationnelle, lorsqu'ils employaient le traitement électrique, et que par conséquent ils n'ont pu donner d'indications précises sur les cas où l'une ou l'autre espèce d'électricité pouvait être utile. Mais ce que l'on peut déjà aujourd'hui dire avec certitude, c'est qu'il existe réellement (aucun médecin sérieux ne peut en effet le contester) des cas où le courant constant se montre efficace, tandis que le courant induit demeure sans action, et que cette efficacité du courant constant ne tient pas à quelque cause inconnue et mystique, mais qu'elle est déterminée par les qualités du courant constant qui n'appartiennent qu'à lui et dont est dépourvu le courant induit; ce sont ces qualités que nous avons examinées dans ce chapitre. Quant aux avantages qui sont propres au courant induit

et que nous sommes obligés de prendre en considération, lorsque nous appliquons ce courant à la médecine, ils ne sont pour la plupart que relatifs, nous l'avons déjà vu (sa plus grande force d'excitation par exemple), et l'on peut les réaliser quoique avec certains désavantages, avec les coups de fermeture et de rupture d'un courant constant. Mais les effets spécifiques que le courant constant produit par son passage continu dans le nerf et le muscle, ceux-là ne sont propres qu'à ce courant, et l'on ne pourrait pas les réaliser en apportant des modifications au courant induit.

Ce que nous avons dit ici des effets produits par le courant constant, quand son passage est continu, se rapporte également aux effets modificateurs et électrotoniques, ainsi qu'aux effets électrolytiques de ce courant. Cependant nous devons avouer de suite, quant à ces dernières, que, malgré la certitude de leur existence, nous n'avons cependant que des données scientifiques très-incomplètes sur leur signification thérapeutique. Les électro-thérapeutistes parlent à la vérité, de résorptions d'exsudations, de décompositions de tumeurs, etc., obtenues par l'influence du courant constant; mais en admettant même que quelques-uns des cas qu'ils citent aient été suffisamment bien observés, cela permet-il d'affirmer que le courant constant a agi là par électrolyse? Ne peut-on pas expliquer la chose autrement? cette résorption ne peut-elle pas avoir été déterminée par une irritation réflexe des nerfs vaso-moteurs?

La question peut certainement être résolue expérimentalement.

Dans une pareille décision expérimentale, il faudrait aussi distinguer si c'est à une décomposition de fluides que l'on a affaire, ou à leur simple transposition d'une place à une autre (effet cataphorique). Mais ces essais démontreraient-ils même que le courant constant est réellement capable d'exercer sur le corps animal des effets électrolytiques et cataphoriques, on ne serait pas pour cela autorisé le moins du monde à conclure à la vertu curative de ces effets dans des processus pathologiques. Il faudrait connaître d'abord la nature de cette électrolyse, ensuite la composition des fluides pathologiques ; et l'on ne serait autorisé à parler de l'utilité thérapeutique des effets électrolytiques du courant, que si cette électrolyse était en réalité de nature à déterminer dans ces sécrétions morbides une décomposition suivie d'absorption.

Comme on le voit, nous sommes encore bien loin de pouvoir fournir des données positives sur les effets électrolytiques du courant constant appliqué à la médecine. Remak, Benedikt et d'autres donnèrent des indications sur ce qu'ils appelaient les effets catalytiques du courant ; mais ces indications sont très-risquées et ne reposent sur aucune base scientifique ; je veux bien que tout n'y soit pas le produit de l'imagination ; néanmoins il est impossible même dans ces cas particuliers d'affections articulaires, où l'application du courant constant a réelle-

ment produit des effets curatifs, il est impossible, dis-je, de dire avec certitude, si le résultat a été atteint grâce à l'électrolyse ou bien par l'intermédiaire des nerfs vaso-moteurs. J'ai observé personnellement la plupart des cas décrits par Remak et beaucoup de ceux décrits par Benedikt, et je dois avouer que, sauf dans les affections articulaires, je n'ai jamais vu un cas où il pût être question d'une action curative du courant constant par électrolyse; je suis toujours très-porté à expliquer tous ces faits par des effets vaso-moteurs.

En récapitulant tout ce que nous avons dit dans ce chapitre sur les différences entre les effets des courants constants et ceux des courants induits, nous arriverons à ce principe fondamental, qu'il faut, lorsqu'on compare les effets de ces deux espèces de courants, distinguer dans les courants constants les effets qu'ils produisent aux moments où ils commencent et où ils finissent, et ceux qu'ils donnent pendant leur passage continu.

Les différences entre les effets physiologiques des coups d'induction pris isolément, et les effets physiologiques des coups de rupture et de fermeture du courant constant, dépendent de deux différences physiques entre ces coups électriques eux-mêmes, à savoir :

- 1° La durée plus courte et
- 2° L'apparition et la disparition plus brusque des courants induits.

La première différence fait que dans quelques cas

pathologiques, les muscles et les nerfs paralysés ne peuvent être excités par les coups isolés du courant induit, mais peuvent l'être par ceux du courant constant. La seconde différence fait qu'à intensité égale de courant, le coup d'induction produit une excitation bien plus énergique que le coup du courant induit.

Quant aux effets particuliers que le courant constant produit dans le nerf, lorsqu'il le traverse avec une intensité toujours égale, ceux-là sont de deux sortes :

1° Effets électrotoniques, modificateurs ;

2° Effets électrolytiques.

Les courants induits ne possèdent pas du tout ou ne possèdent qu'à un très-faible degré la propriété de produire ces effets, ce qui tient aux changements fréquents de leur direction et de leur intensité.

Essayons de déduire brièvement de ces résultats les principes généraux qui doivent nous guider dans le choix thérapeutique de l'une ou l'autre espèce de courants :

A) Dans les paralysies où le nerf et le muscle ne donnent point de réaction avec les courants induits, il faut évidemment avoir recours au traitement électrique par les courants constants ;

B) Toutes les fois qu'il s'agit d'obtenir simplement une excitation énergique, il sera plus avantageux de se servir de courants induits, parce qu'en choisissant ceux-ci, il suffit de courants beaucoup plus faibles pour arriver au même résultat.

Le but que l'on cherche à atteindre par cette excitation (que ce soit par exemple l'arrêt d'une diminution d'excitabilité ou son rétablissement si elle a disparu), est indifférent pour ce choix ;

C) Toutes les fois qu'il ne s'agit que de provoquer une excitation, mais qu'il importe en même temps d'éviter une excitation trop violente à cause du voisinage d'organes importants, ou pour tout autre motif, l'on ne doit se servir que du courant constant; c'est ce qui a lieu dans le traitement des centres nerveux et dans celui des organes supérieurs des sens.

Comme dans le traitement des centres nerveux il faut généralement employer des courants énergiques, à cause des résistances qu'il y a à vaincre, il en résulte qu'il n'y a point d'inconvénient à choisir des courants d'une intensité considérable, même pour produire une excitation assez faible ;

D) Il est évident que c'est le courant constant qu'il faudra choisir toutes les fois qu'il s'agira d'obtenir des effets modificateurs, car ceux-là ne sont propres qu'à lui; il en est ainsi lorsqu'on veut augmenter ou diminuer l'excitabilité, modifier la conductibilité, arrêter des dégénérescences qui commencent, etc. Ce sont généralement de pareilles actions que l'on recherche quand on traite les centres nerveux et le système nerveux vaso-moteur. C'est donc le courant constant seul qui convient dans ces cas, d'autant plus que c'est lui aussi qu'il faut employer pour l'excitation de ces parties comme nous l'avons établi plus

haut (C). Le courant constant éprouve des oscillations même pendant que le circuit est fermé; ces oscillations d'intensité, quoique petites, produisent cependant une excitation faible, mais persistante, qui paraît surtout être efficace dans le système nerveux vaso-moteur, parce qu'elle y remplace en quelque sorte l'excitation normale et tonique.

E) Il est aussi plus avantageux de se servir du courant constant, quand on veut obtenir des effets électrolytiques. Mais dans l'état actuel des choses il ne peut pas du tout être question d'une application fondée et rationnelle des effets électrolytiques à la médecine interne (il est évident que nous ne parlons pas ici du traitement des anévrysmes, etc). Un grand nombre d'études expérimentales préalables sont encore nécessaires pour déterminer la nature de ces effets électrolytiques, avant qu'il soit possible de formuler des principes scientifiques sur l'application de l'électrolyse à la médecine.

§ VI. — Différences entre les effets des courants induits de la spirale primaire et ceux de la spirale secondaire.

On sait que M. Duchenne (de Boulogne) a prétendu que le courant constant de la spirale primaire ou extra-courant, possédait particulièrement la faculté d'irriter avec violence les muscles, tandis que le courant induit de la spirale secondaire irritait surtout avec énergie les nerfs sen-

sitifs de la peau. Quoique M. Becquerel eût rejeté immédiatement cette singulière assertion comme fausse et comme ne provenant que d'une différence d'épaisseur des fils dans les deux spirales, néanmoins les électrothérapeutistes s'en emparèrent comme d'une sainte vérité. Dans les derniers traités d'électrothérapeutique, cette erreur de M. Duchenne (de Boulogne) se retrouve fratement rééditée, et on la présente au médecin comme une vérité incontestable qui peut se passer de toute démonstration.

L'erreur de M. Duchenne est encore pardonnable à la rigueur; car la différence d'effets qu'il indiquait, bien qu'il l'ait mal interprétée, avait été cependant réellement observée par lui, ce qui tenait à la disposition spéciale de ses appareils. Mais cette excuse n'existe point pour les électrothérapeutistes allemands qui se servent généralement de l'appareil de Dubois-Reymond et qui par conséquent n'ont pas pu observer une pareille différence entre les effets de l'extra-courant et ceux du courant de la spirale induite.

Voyons maintenant quelle est la cause de la fausse interprétation donnée par M. Duchenne: dans les appareils d'induction qu'il employait, la spirale secondaire consistait en un très-grand nombre de tours d'un fil excessivement fin. Il ne faut pas perdre de vue que l'augmentation des tours augmente à la vérité le nombre des forces électromotrices, mais que l'accumulation de ces forces ne peut contribuer à augmenter l'intensité du courant, parce que les

résistances au courant grandissent dans la même proportion. Si donc il n'y a point de résistances étrangères intercalées dans les bobines, on obtiendra, en joignant convenablement les extrémités des deux bobines, un extracourant d'intensité plus considérable que le courant induit de la seconde spirale, parce que dans chaque tour séparé de la spirale primaire agit une force électromotrice plus considérable. Mais ces conditions se trouvent changées, aussitôt que l'on intercale des résistances étrangères.

Nous disons donc que la résistance de la bobine secondaire de l'appareil de M. Duchenne est très-grande; mais cette résistance est insignifiante, lorsqu'on électrise l'épiderme sec, à cause de la résistance excessivement grande qu'offre ce dernier; c'est pourquoi on provoquera une irritation violente des nerfs sensitifs de la peau en employant les courants de cette bobine. Mais lorsqu'on se sert pour le même but de l'extracourant de la spirale primaire qui ne contient que très-peu de tours d'un fil épais, l'irritation sera bien plus faible, parce que la force électro-motrice employée est bien moindre. Cependant le même extracourant est capable d'irriter fortement les muscles, parce que les tissus imprégnés d'humidité lui offrent une résistance bien plus faible et par conséquent l'affaibliront bien moins que l'épiderme sec. Lorsqu'on électrise les muscles avec le courant de la spirale secondaire, les nombreux tours de celle-ci ne sont d'aucune utilité; les résistances

d'un fil augmentent en effet avec le nombre de ses tours, et dans un fil mince et long elles sont déjà très-considérables par rapport à celles des tissus imprégnés d'humidité.

Toutes ces considérations ne sont plus applicables aux appareils de Dubois-Reymond, parce qu'il n'y a plus une différence aussi considérable entre le nombre de tours et l'épaisseur des fils dans les deux bobines ; aussi avec ces appareils voit-on les deux courants produire les mêmes effets sur les nerfs musculaires et sur ceux de la peau, et il n'y a aucune raison, quand on emploie l'appareil de Du Bois-Reymond, d'employer l'extracourant pour l'excitation des nerfs sensitifs de la peau.

Ziemssen croit avoir réalisé un progrès dans l'emploi des courants induits, en reliant par des fils les deux bobines de l'appareil d'induction. Mais de cette manière il ne fait qu'affaiblir le courant induit, car il diminue l'intensité du courant primaire en augmentant les résistances que celui-ci a à vaincre.

FIN.



517091

TABLE DES MATIÈRES.

DÉDICACE.....	v
AVANT-PROPOS.....	vii
INTRODUCTION.....	i
CHAPITRE I. Description des appareils	29
§ I. Préliminaires physiques.....	29
§ II. Courants constants.....	31
§ III. Loi d'Ohm.....	33
§ IV. Densité du courant.....	39
§ V. Ramifications d'un courant dans plusieurs conducteurs.....	43
§ VI. Courants d'induction.....	52
§ VII. L'extracourant.....	55
§ VIII. Description des appareils.....	56
CHAPITRE II. Électrophysiologie	83
§ I. Historique.....	83
§ II. Lois du courant musculaire et nerveux à l'état de repos.....	92
§ III. Historique de l'étude de l'excitation des nerfs et des muscles.....	94
§ IV. État actuel de la science de l'électrotonus.....	100
§ V. Excitation des nerfs pendant le passage des courants constants.....	109

§ VI. Effets consécutifs du courant constant sur l'irritabilité des nerfs.....	111
§ VII. Rapport entre l'irritation des nerfs et l'intensité de l'excitation.....	115
§ VIII. Théorie des courants nerveux et musculaire...	116
§ IX. Oscillation négative du courant.....	119
CHAPITRE III. Électrophysiologie de l'homme.....	123
§ I. Introduction.....	123
§ II. Expériences antérieures.....	128
§ III. Mes recherches sur l'électrotonus de l'homme..	130
§ IV. Expériences sur le rapport entre le degré de l'irritation et la force excitante.....	149
§ V. Autres effets de l'électricité sur le nerf et le muscle.....	156
§ VI. Actions des courants électriques sur les nerfs des sens.....	158
CHAPITRE IV. Effets de l'électricité sur les différents organes du corps humain.....	164
§ I. Introduction.....	164
§ II. Résistance des tissus animaux.....	167
§ III. Méthode de l'électrisation localisée.....	169
§ IV. Galvanisation des muscles.....	184
§ V. Galvanisation du cerveau.....	190
§ VI. Galvanisation de la moelle épinière.....	196
§ VII. Galvanisation des nerfs sympathique, vague et dépresseur.....	201
§ VIII. Galvanisation des nerfs des sens.....	209
§ IX. Durée et intensité de la galvanisation.....	212
CHAPITRE V. Méthodes pour poser le diagnostic à l'aide d'un courant électrique.....	217
§ I. Remarques préliminaires.....	217
§ II. Examen des muscles et des nerfs moteurs à l'aide de l'électricité.....	220

TABLE DES MATIÈRES.	277
§ III. <u>Examen des nerfs sensitifs</u>	231
§ IV. <u>Examen électrique du sympathique</u>	232
CHAPITRE VI. <u>Différences des effets produits par</u> <u>les courants induits et les courants</u> <u>constants</u>	237
§ I. Introduction.....	237
§ II. Observations pathologiques.....	240
§ III. Expériences de M. Neumann.....	242
§ IV. Recherches sur l'excitabilité des nerfs séparés de leurs centres.....	247
§ V. Autres différences entre le courant constant et le courant induit.....	257
§ VI. Différences entre les effets des courants induits de la spirale primaire et ceux de la spirale secondaire.....	274

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.



LIBRAIRIE J. B. BAILLIÈRE ET FILS

19, rue Hautefeuille, près du boulevard Saint-Germain, à Paris

Juillet 1872

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE
DE
PHYSIQUE MÉDICALE

Par le docteur **W. WUNDT**

Professeur à l'Université de Heidelberg

TRADUIT AVEC DE NOMBREUSES ADDITIONS

Par le docteur **Ferdinand MONOYER**

Professeur agrégé de physique médicale à la Faculté de médecine de Strasbourg

1 vol. in-8 de 704 pages, avec 396 figures intercalées dans le texte,
y compris une planche en chromolithographie. 12 fr.

ABEILLE. L'électricité appliquée à la thérapeutique chirurgicale
et en particulier au traitement des accidents produits par les inhala-
tions d'éther et de chloroforme, par le docteur J. Abeille. Paris, 1870,
in-8 de 124 pages..... 3 fr.

BECKENSTEINER. Études sur l'électricité. Nouvelle méthode
pour son emploi médical, t. 1^{er}, 1859, un vol. in-8 de 366 pages avec
8 planches..... 12 fr. 25
Tome II, 1870, 1 vol. de 321 pages avec fig. dans le texte.. 7 fr. 50
Tome III, livraisons 1 et 2. Paris, 1860, in-8..... 5 fr.
Tome IV. De l'impuissance et de sa guérison par l'électricité statique,
Paris, 1872, in-8 de 32 pages..... 1 fr. 50

BECKENSTEINER. Application de l'électricité au début des ma-
ladies et moyen de les éviter. De la convalescence, de l'entorse et de
l'asphyxie. Lyon, 1868, in-8 de 61 pages avec fig. 3 fr.

CRINOTEL. De l'épreuve galvanique, ou bioscopie électrique,
procédé pour reconnaître immédiatement la vie ou la mort, moyen
infaillible d'éviter les inhumations prématurées. Paris, 1866, in-12 de
48 pages..... 2 fr.

DE LA RIVE. Traité d'électricité théorique et appliquée par
A. de la Rive, membre correspondant de l'Institut de France, profes-
seur émérite de l'Académie de Genève. Paris, 1854-1858, 3 vol. in-8,
avec 450 figures..... 27 fr.

Les nombreuses applications de l'électricité aux sciences et aux arts,
les liens qui l'unissent à toutes les autres parties des sciences physiques
ont rendu son étude indispensable au chimiste aussi bien qu'au physi-
cien, au géologue autant qu'au physiologiste, à l'ingénieur comme au
médecin.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE.

Séparément le tomo III, Paris, 1858 : Rapports de l'électricité avec les phénomènes naturels ; applications de l'électricité. (*Applications physiques, chimiques, physiologiques et thérapeutiques.*)

G. B. DUCHENNE (de Boulogne). **De l'électrisation localisée** et de son application à la pathologie et à la thérapeutique par courants induits et par courants galvaniques interrompus et continus, par le docteur G. B. Duchenne (de Boulogne). *Troisième édition* entièrement refondue. Paris, 1872, 1 fort vol. in-8 de 1120 pages, avec 250 fig. et 3 pl. noires et coloriées..... 18 fr.

GALLETTI et JOUNIN. **De l'électricité** en général et de ses applications en particulier, 1^{re} partie. Paris, 1844, in-8..... 1 fr. 25

HIFFELSHEIM. **Des applications médicales de la pile de Volta**, précédées d'un exposé critique des différentes méthodes d'électrisation. Paris, 1861, in-8 de 152 pages..... 3 fr.

MATTEUCCI (C.). **Traité des phénomènes électro-physiologiques** des animaux, suivi d'études anatomiques sur le système nerveux et sur l'organe électrique de la torpille, par P. Savi. Paris, 1844, in-8, avec 6 planches..... 4 fr.

PALLAS (E.). **De l'influence de l'électricité atmosphérique** et terrestre sur l'organisme. Paris, 1847, in-8 (6 fr.)..... 3 fr. 50

REMAK. **Galvanothérapie** ou De l'application du courant galvanique constant au traitement des maladies nerveuses et musculaires, par Rob. Remak, professeur à l'Université de Berlin. Traduit de l'allemand par le docteur Alphonse Mospain, avec les additions de l'auteur. Paris, 1860, 1 vol. in-8 de 467 pages..... 7 fr.

SCOUTETTEN (H.). **De l'électricité** considérée comme cause principale de l'action des eaux minérales sur l'organisme. Paris, 1864, 1 vol. in-8 de 420 pages..... 6 fr.

SCOUTETTEN (H.). **Évolution médicale ou De l'électricité du sang** chez les animaux vivants, de l'anesthésie et de l'unité des forces physiques et vitales. Metz, 1870, in-8 de 105 pages..... 2 fr. 50

TRIPIER. **Manuel d'électrothérapie**. Exposé pratique et critique des applications médicales et chirurgicales de l'électricité, par le docteur Aug. Tripiar. Paris, 1861, 1 volume in-18 Jésus avec 100 figures..... 6 fr.

WALFERDIN. **Échelles thermométriques** aujourd'hui en usage. Abaissement du zéro de l'échelle centigrade. Paris, 1855, in-4 de 20 pages..... 1 fr.

WALKER. **Manipulations électro-typiques ou Traité de galvanoplastie**, contenant la description des procédés les plus faciles pour dorer, argenter, graver sur cuivre et sur acier, reproduire les médailles, les épreuves daguerriennes, métalliser les statues de plâtre, etc., au moyen du galvanisme. Traduit de l'anglais sur la 18^e édition, par J. Fau. 7^e édition. Paris, 1866, in-18 Jésus, xii-381 pages avec figures..... 2 fr.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE.



- ABEILLE.** L'électricité appliquée à la thérapeutique chirurgicale et en particulier au traitement des accidents produits par les inhalations d'éther et de chloroforme, par le docteur J. Abeille. Paris, 1870, in-8 de 124 pages..... 3 fr.
- DE LA RIVE (A.).** Traité d'électricité théorique et appliquée, par A. de la Rive, membre correspondant de l'Institut de France, professeur émérite de l'Académie de Genève. Paris, 1854-1858, 3 vol. in-8, avec 450 figures..... 27 fr.
- G. B. DUCHENNE (de Boulogne).** De l'électrisation localisée et de son application à la pathologie et à la thérapeutique par courants induits et par courants galvaniques interrompus et continus, par le docteur G. B. Duchenne (de Boulogne). Troisième édition entièrement refondue. Paris, 1872, 1 fort vol. in-8 de 1120 pages, avec 250 fig. et 3 pl. noires et coloriées... 10 fr.
- GALLETTI et JOUNIN.** De l'électricité en général et de ses applications en particulier; 1^{re} partie. Paris, 1844, in-8..... 1 fr. 25
- HIFFELSHEIM.** Des applications médicales de la pile de Volta, précédées d'un exposé critique des différentes méthodes d'électrisation. Paris, 1861, in-8 de 152 pages..... 3 fr.
- MATTEUCCI (C.).** Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux, suivi d'études anatomiques sur le système nerveux et sur l'organe électrique de la torpille, par P. Savl. Paris, 1844, in-8, avec 6 pl..... 4 fr.
- REMAK.** Galvanothérapie ou De l'application du courant galvanique constant au traitement des maladies nerveuses et musculaires, par Rob. Remak, professeur à l'Université de Berlin. Traduit de l'allemand par le docteur Alphonse Morpain, avec les additions de l'auteur. Paris, 1860, 1 vol. in-8 de 467 pages..... 7 fr.
- SCOUTETZEN H.).** De l'électricité considérée comme cause principale de l'action des eaux minérales sur l'organisme. Paris, 1864, 1 vol. in-8 de 420 pages..... 6 fr.
- TRIPPIER.** Manuel d'électrothérapie. Exposé pratique et critique des applications médicales et chirurgicales de l'électricité, par le docteur Aug. Tripiér. Paris, 1867, 1 vol. in-18 Jésus, avec 100 figures..... 6 fr.
- WALFERDIN.** Échelles thermométriques aujourd'hui en usage. Abaissement du zéro de l'échelle centigrade. Paris, 1865, in-4 de 20 pages..... 1 fr.
- WUNDT.** Traité élémentaire de Physique médicale, par le docteur W. Wundt, professeur à l'Université de Heidelberg, traduit avec de nombreuses additions, par le docteur Ferdinand Monoyer, professeur agrégé de physique médicale à la Faculté de médecine de Nancy. Paris, 1872, 1 vol. in-8 de 704 pages, avec 396 figures intercalées dans le texte, y compris une planche on chromolithographie..... 12 fr.



